TECHNO-FICHES

100 FICHES PRATIQUES

MENUISERIE, AGENCEMENT ET ÉBÉNISTERIE

Matériaux • Machines • Conception • Fabrication



Olivier Hamon
Vincent Roullat

DUNOD

TECHNO-FICHES

100 FICHES
PRATIQUES

MENUISERIE, AGENCEMENT ET ÉBÉNISTERIE

Matériaux • Machines • Conception • Fabrication

Olivier Hamon
Vincent Roullat

DUNOD

Crédits iconographiques

60.2, 60.3, 62.1, 64.2, 66.3, 68.3 : Nonthawit Doungsodsri/Timltv/Anna Mente/Vovidzha/WiP-Studio/Maanas/Shutterstock. Les figures 1.5, 5.1-5.2-5.3, 6.1-6.2, 7.1, 8.1, 9.1-9.2-9.3, 11.1, 12.1-12.2-12.3, 13.1-13.2, 14.1, 15.1, 16.1-16.2-16.3, 19.1, 20.1-20.2-20.3-20.4, 21.1, 22.1, 23.1-23.2, 24.1, 25-1, 27.1-27.2-27.3, 28.1-28.2, 32.1-32.2-32.3, 33.1-33.2, 40.1-40.2, 41.1, 44.1-44.2-44.3, 45.1-45.2, 46.1, 49.1, 50.1, 51.5, 55.1, 56.3, 57.1-57.2-57.3-57.4-57.5-57.6, 58.1, 59.1-59.2, 62.2, 67.1-67.2-67.3-67.4-67.5, 69.1, 70.1-70.2-70.3-70.4-70.5, 71.3, 72.1-72.2-72.3-72.4-72.5-72.6, 73.1-73.2, 74.1, 75.1, 77.2, 83.2-83.3-83.4-83.5-83.6, 84.1-84.2, 85.1-85.2-85.3-85.7-85.8-85.9, 86.3-86.4-86.6-86.7, 89.1-89.2, 91.1-91.3, 92.1-92.2-92.3-92.4-92.5, 93.1-93.2-93.4-93.5-93.6-93.7-93.8, 94.1-94.2-94.4, 95.1-95.2-95.3, 96.4, 97.1-92.2, 99.1-99.2-99.3-99.4, 100.1, 101.1, 102.1 et les figures des tableaux 17.1, 26.1, 28.2, 52.1-52.2-52.3-52.4 -54.1, 56.1-56.2 sont extraites des tomes 1 à 3 de l'ouvrage *Technologie des métiers du bois*, Dunod, 2020. Les figures 60.1, 61.1, 66.1, 68.1 sont extraites du tome 2 de l'ouvrage *Dessin de construction du meuble*, Dunod, 2019.

Conception de la couverture : Élizabeth Riba

Direction artistique : Nicolas Wiel

Illustration de couverture : Donatas1205/shutterstock.com

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-084936-9

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE A
Le bois, notions de base

PARTIE B
Les dérivés du bois

PARTIE C
Le débit et les premières étapes de la transformation du bois massif

PARTIE D
Le placage

PARTIE E
Les produits et leurs mises en œuvre

PARTIE F
La gestion de production

PARTIE G
Le confort de l'habitat

PARTIE H
La conception des ouvrages

PARTIE I
L'atelier et les machines-outils

PARTIE A

LE BOIS, NOTIONS DE BASE

Le bois est un matériau qui a une constitution différente en fonction de sa classification botanique, de son essence et de son origine géographique. Chaque essence a ses propres propriétés physiques et mécaniques. Le bois est sensible aux variations d'humidité, aux insectes et aux champignons.

Il convient d'anticiper son comportement, sa résistance mécanique dans la mise en œuvre des ouvrages et d'apporter les traitements préventifs nécessaires à sa durabilité en fonction de son domaine d'emploi.

1. CLASSIFICATION BOTANIQUE

Les résineux et les conifères (gymnospermes)

Leurs feuilles, dites persistantes, sont en forme d'aiguilles ou d'écailles. Leurs fruits sont coniques (pommes de pin). On recense environ 400 espèces de résineux et conifères, qui poussent principalement sous des climats humides avec des hivers froids, et sont surtout présentes dans l'hémisphère nord et en altitude. Quelques-unes existent en zones plus chaudes.

Tableau 1.1 Principaux bois résineux indigènes utilisés en menuiserie et agencement

Nom	Masse volumique à 12 % (kg/m^3)	Propriétés mécaniques et physiques	Façonnage
Mélèze	600	Résistance variable. Très fissile. Résistance moyenne aux chocs.	Facile à travailler. Encrassement possible par la résine. Collage difficile. Moyennement durable.
Douglas	540	Bois tendre. Bonne résistance à la compression, à la flexion et à la traction.	Facile à scier, désaffûtant. Bois hétérogène qui influe sur la qualité de surface. Assez durable.
Pin sylvestre	530	Résistance variable. Moyennement stable. Relativement nerveux. Assez fissile.	Facile à travailler. Collage difficile si le bois est très résineux. Non durable.
Pin maritime	510	Faible résistance. Moyennement nerveux. Moins élastique que le pin sylvestre.	Facile à travailler. Encrassement possible par la résine. Collage difficile si le bois est très résineux. Duramen durable.
Épicéa	450	Bois tendre. Faible résistance. Très fissile.	Facile à travailler, désaffûtant. Non durable.
Sapin	450	Bois tendre. Faible résistance. Très fissile.	Très facile à travailler. Risque d'arrachement des fibres. Collage très facile avec tous types de colles. Non durable.

Les feuillus (angiospermes)

Leur feuillage est caduque : il tombe à la fin de la période végétative. Leurs feuilles sont larges, à nervures ramifiées. Les feuillus représentent plusieurs milliers d'espèces, de qualités et d'aspects très variés, qui poussent dans des régions tempérées, tropicales et équatoriales ; quelques rares espèces (bouleaux) poussent dans les forêts boréales.

Tableau 1.2 Principaux bois feuillus indigènes utilisés en menuiserie et agencement

Nom	Masse volumique à 12 % (kg/m³)	Propriétés mécaniques et physiques	Façonnage
Frêne	720	Bois dur. Très bonne résistance à la traction et à la flexion. Peu fissile.	Facile à travailler. Bois absorbant, utiliser des colles à haute viscosité. Non durable.
Chêne	710	Bois mi-dur à dur. Bons comportements à la compression et à la flexion. Assez résilient. Bois nerveux. Moyennement fissile.	Besoin de puissance pour les bois les plus nerveux. Bois dense et acide. Se tache facilement avec des colles alcalines. Durable.
Hêtre	680	Bois mi-dur. Parfois nerveux. Bonne résistance en compression. Peu fissile.	Facile à travailler. Se cintre bien. Peu durable. Facile à teinter. Collage : risque de cémentation, forte pression de serrage nécessaire. Non durable.
Châtaignier	620	Bois mi-dur à dur. Assez bonnes propriétés mécaniques.	Facile à travailler. Se cintre bien. Bois dense et acide. Se tache facilement avec des colles alcalines. Très durable aux intempéries.
Merisier	610	Bois mi-dur, moyennement stable. Bonnes propriétés mécaniques.	Facile à travailler. Se cintre et se colle bien. Non durable.
Aulne	530	Bois tendre. Résistance mécanique moyenne.	Facile à usiner. Collage très facile avec tous types de colles. Non durable.
Peuplier	460	Bois très tendre. Moyennement stable. Résistance mécanique faible.	Usinage assez difficile (peluchage). Collage : bois absorbant, risque de poches d'humidité. Non durable.

2. CLASSIFICATION GÉOGRAPHIQUE

Bois du nord (forêts boréales ou taïga)

Ce type de bois provient d'**arbres résineux** ayant poussé en Europe au-delà du 57e parallèle nord (Norvège, Suède, Finlande et Amérique du Nord).

La saison de croissance y est plus courte à cause du climat rigoureux, ce qui confère au bois une texture très serrée et donc une meilleure qualité mécanique.

On y trouve principalement les essences suivantes :

- sapin ;
- pin sylvestre ;
- mélèze de Sibérie ;
- Western Red Cedar (Canada).

Bois indigènes (forêts tempérées)

Ce type de bois provient d'**arbres feuillus et résineux** ayant poussé en Europe, sous le 57e parallèle (France).

Nous retrouvons dans les tableaux 1.1 et 1.2 les principales essences indigènes utilisées en menuiserie et agencement.

Les principaux bois feuillus indigènes utilisés en **ameublement de luxe et ébénisterie** sont :

- merisier ;
- noyer ;
- poirier alisier ;
- orme ;
- olivier.

Bois tropicaux

Ce type de bois provient d'**arbres feuillus et résineux** ayant poussé sous un climat de type tropical ou équatorial (Afrique, Amérique du Sud et Asie centrale).

Tableau 2.1 Principaux bois tropicaux utilisés en agencement et ébénisterie

Origine	Essence	Emplois	Densité
Afrique	Iroko	Menuiserie intérieure et extérieure, agencement, parquets. Mobiliers en ébénisterie.	0,65
	Sipo	Menuiserie intérieure et extérieure, agencement. Mobiliers en ébénisterie. Utilisé en massif et en placage.	0,62
	Sapelli	Menuiserie intérieure et extérieure, agencement, parquets. Mobiliers en ébénisterie. Utilisé en massif et en placage.	0,69
	Doussié	Menuiserie intérieure et extérieure. Mobiliers en ébénisterie. Utilisé en massif et en placage.	0,80
	Framiré	Menuiserie intérieure et extérieure. Mobiliers en ébénisterie. Utilisé en massif et en placage.	0,50
	Movingui	Menuiserie intérieure et extérieure. Escaliers, parquets et ébénisterie.	0,73
	Niangon	Menuiserie intérieure et extérieure. Parquets, mobiliers en ébénisterie.	0,70
	Okoume	Menuiserie intérieure, moulures, lambris, contreplaqué.	0,44
Asie Océanie	Ramin	Menuiserie intérieure, moulures, lambris, parquets, contreplaqué.	0,66
	Meranti	Menuiserie intérieure, ameublement. Mobiliers en ébénisterie. Utilisé en massif et en placage.	0,68
	Eucalyptus	Menuiserie intérieure, ameublement. Mobiliers en ébénisterie. Utilisé en massif et en placage.	0,65
	Teck	Mobiliers, agencement, ébénisterie. Construction navale. Utilisé en massif et en placage.	0,67
Amérique du Sud	Ipe	Menuiserie extérieure et intérieure, parquets. Mobiliers en ébénisterie. Construction navale. Utilisé en massif et en placage	1,04
	Angelim	Charpente, menuiserie extérieure et intérieure, ameublement. Mobiliers en ébénisterie. Utilisé en massif et en placage.	0,80
	Amarante	Mobiliers en ébénisterie, sculpture. Utilisé en massif et en placage.	0,80

3. ÉCOCERTIFICATION

Environ 13 millions d'hectares de forêt tropicale disparaissent chaque année. La gestion durable des forêts s'efforce de répondre à ce phénomène. L'écocertification permet de limiter la déforestation, mais aussi de combattre le commerce illégal des bois, de maîtriser les ressources naturelles et d'aider au développement des pays émergents.

Les labels

Le but de la certification par des labels est de prouver la mise en œuvre d'une gestion durable de la forêt. C'est une démarche volontaire de la part de l'exploitant forestier. **Les labels garantissent la traçabilité des bois, grâce à une chaîne de contrôle continue depuis la coupe des arbres jusqu'au produit fini**. Il existe dans le monde plus de 50 labels relatifs à l'écocertification.

Chaque label est structuré différemment et a ses propres critères. Mais ils reposent tous sur :

- une protection durale des ressources forestières et de l'environnement ;
- un bénéfice social et économique pour les populations locales concernées.

Deux labels constituent une référence pour les professionnels et les consommateurs en France :

Le label FSC

La **FSC (*Forest Stewardship Council*)** est une organisation non gouvernementale créée et soutenue par de grandes ONG (World Wide Fund for Nature, Greenpeace). La certification est établie pour une durée de cinq ans avec au moins un contrôle annuel. Elle repose sur dix principes déclinés selon trois volets (économique, social et environnemental).

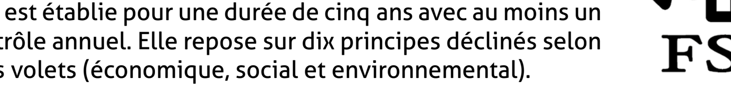




Figure 3.1

Le label PEFC

Créé en juillet 1998 sur l'initiative de propriétaires forestiers de six pays européens, le label **PEFC (Programme européen de forêts certifiées ou *Pan European Forest Certification*)** était, à l'origine, une certification de la forêt européenne.

En 2021, 330 millions d'hectares sont certifiés PEFC dans 55 pays (dont huit millions en France).



Figure 3.2

Les logos des labels informent le consommateur qu'un produit est composé de bois provenant de forêts respectant les principes du développement durable.

Les autres principaux labels

- **FSI** (***Sustainable Forestry Initiative***) : créé aux États-Unis par l'American Forest and Paper Association. Il inclut d'importantes conditions environnementales.
- **MTCC (*Malaysian Timber Council Certification*)** : créé par les exploitants forestiers sans garanties sur plusieurs critères (protection de la biodiversité). 4,62 millions d'hectares de forêt naturelle de production sont déjà certifiés. Il coopère activement avec le FSC et le PEFC pour obtenir leur agrément.
- **CERFLOR** : créé au Brésil par les groupes papetiers, autorisant l'utilisation d'arbres génétiquement modifiés.
- **CSA (Système de l'Association canadienne de normalisation)** : agréé par le PEFC en 2005.
- **SFI (*Sustainable Forestry Initiative*)** : créé en Amérique du Nord, également reconnu PEFC en 2005.
- **ATFS (*American Tree Farm System*).**

Norme ISO 14001

Il s'agit d'une norme de gestion écologique applicable à tout organisme souhaitant :

- établir, mettre en œuvre, tenir à jour et améliorer une politique environnementale ;
- s'assurer de sa conformité avec la politique environnementale établie ;
- démontrer sa conformité à la présente norme internationale.

4. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU BOIS

Chaque essence de bois possède ses propres caractéristiques physiques, qui permettent de l'identifier et sur lesquelles il faut s'appuyer pour le façonner.

Propriétés physiques

Couleur : les coloris des bois sont extrêmement variables selon les essences et même à l'intérieur d'une essence en fonction du type de veinage, de l'uniformité de la texture, des conditions de croissance et d'homogénéité du matériau.

Odeur : certaines essences exotiques dégagent des parfums particuliers tels que le cèdre, le thuya, le santal, le bois de rose, le palissandre et le citronnier. C'est aussi le cas de certains bois indigènes comme le pêcher, l'amandier ou le prunier.

Grain : c'est un élément caractéristique de l'identification rapide d'une essence par un professionnel.

Hygroscopicité : la teneur en humidité, dans le bois, varie en fonction de la température ambiante et du degré d'humidité de l'air.

Rétractabilité : chaque essence de bois varie plus ou moins dimensionnellement lorsque son taux d'humidité évolue. Les variations s'effectuent dans les sens axial (sens de la longueur), radial (sens des rayons du bois) et tangentiel (perpendiculaire aux rayons du bois).

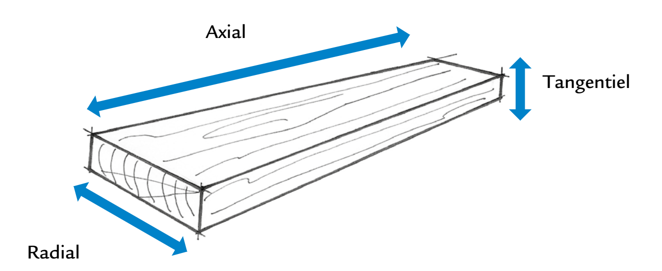


Figure 4.1 Rétractabilité

Conductibilité : le bois est un isolant phonique, thermique et électrique, sous réserve d'un état sec pour cette dernière propriété.

Tableau 4.1 Coefficient de conductivité thermique du bois

Matériau	Coefficient lambda (λ) en W/m.K
Hêtre, chêne	0,20
Sapin, pin	0,13
Panneau de fibres (Masse volumique : 500 < ρ < 700 kg/m³)	0,14
Contreplaqué (Masse volumique : 400 < ρ < 600 kg/m³)	0,15

Densité des bois : rapport entre le poids d'un volume de bois donné et le poids du même volume en eau. La densité n'a pas d'unité.

Tableau 4.2 Densité à 12 % d'humidité du bois

Feuillus		
Densité	**Classement**	**Exemple**
< 0,5	Très léger	Balsa
0,5 à 0,64	Léger	Peuplier
0,65 à 0,79	Mi-lourd	Chêne
0,8 à 1	Lourd	Merbau
> 1	Très lourd	Ipé
Résineux		
< 0,4	Très léger	Western Red Cedar
0,4 à 0,49	Léger	Sapin
0,5 à 0,59	Mi-lourd	Douglas
0,6 à 0,69	Lourd	Mélèze

5. PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DU BOIS

Chaque essence de bois possède ses propres caractéristiques mécaniques. Lors de son utilisation, la pièce de bois peut être soumise à des efforts particuliers et suivant des axes spécifiques. Il est donc indispensable de connaître la limite du bois à ces efforts.

Les pièces de bois ont une **bonne résistance** en :

- compression axiale ;
- traction axiale ;
- cisaillement tangentiel.

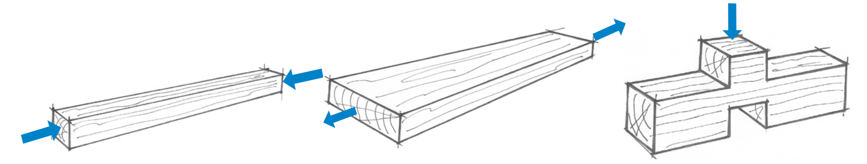


Figure 5.1 De gauche à droite : compression axiale, traction axiale, cisaillement tangentiel

Les pièces de bois ont une **résistance plus faible** en :

- compression transversale ;
- traction transversale ;
- cisaillement axial.

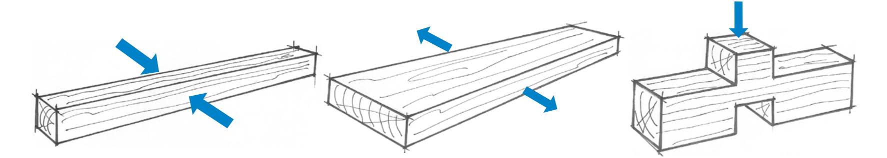


Figure 5.2 De gauche à droite : compression transversale, traction transversale, cisaillement axial

Dans le cas de la **flexion**, il faut utiliser une pièce rectangulaire sur chant. On constate alors que :

- **sur la face concave**, les fibres sont comprimées ;
- **sur l'axe**, les fibres sont neutres ;
- **sur la face convexe**, les fibres sont tendues.

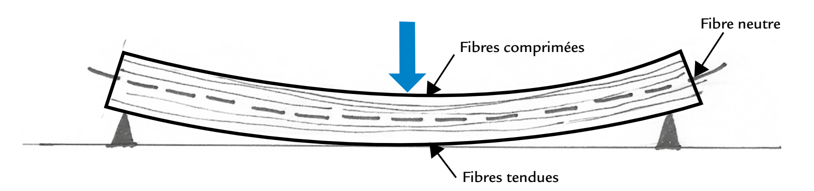


Figure 5.3 Fibres neutres

LE FLAMBAGE

C'est un raccourcissement dû à la compression dans l'axe. Plus la longueur d'une pièce augmente, plus la résistance diminue à cette sollicitation. On en tient compte dans les calculs de résistance quand *L* > 5 l.

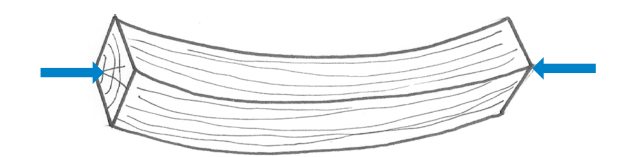


Figure 5.4 Flambage

Tableau 5.1 Exemples de propriétés mécaniques d'essences de bois indigènes

Nom	Frêne	Chêne	Hêtre	Peu-plier	Mélèze	Douglas	Sapin
Contrainte de rupture de compression axiale (MPa)	51	58	58	33	53	55	46
Contrainte de rupture de traction axiale (MPa)	145	100	117	72	101	93	86
Contrainte de rupture de flexion parallèle (MPa)	113	97	107	65	93	85	68
Module d'élasticité longitudinal en flexion (MPa)	12 900	12 500	14 300	8 800	12 500	12 100	12 200

6. DÉFAUTS, CHAMPIGNONS ET INSECTES

Le bois peut posséder des anomalies, qui sont liées soit à sa croissance, soit à l'attaque de parasites végétaux ou d'insectes.

Ces défauts et ces dégradations peuvent nuire à la mise en œuvre du matériau dans les différents ouvrages.

Défauts de structure

L'aubier : c'est le bois jeune de l'arbre. Il est à purger des ouvrages car il est plus vulnérable aux attaques des insectes. L'aubier est plus ou moins distinct suivant les essences.

Les nœuds : ils diminuent la résistance et nuisent à l'esthétique. Ils sont à exclure le plus possible des ouvrages. Les nœuds sont de natures diverses : **nœuds vifs** 1, **nœuds bouchons** 2, **nœuds morts** 3, **nœuds « œil-de-perdrix »** 4.

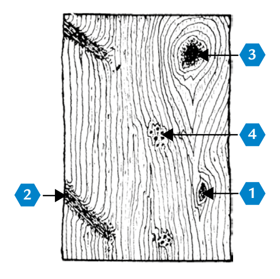


Figure 6.1 Les nœuds du bois

Anomalies de croissance

Le bois étant un matériau vivant, il peut posséder des défauts liés à sa croissance. Ces anomalies se situent généralement aux jointures des branches et du tronc (**fibres ondulées**, **ronces** et **entre-écorce**) ou se présentent sous forme d'excroissances ou de renflements (**broussins**, **loupes**, **chaudrons**). Ces défauts de croissance peuvent aussi être dus au terrain et aux conditions climatiques.

Blessures accidentelles

Les blessures sont dues aux conditions climatiques, à des écarts de températures (**gélivures**, **fissures**, **roulures**, **cadrannures**, **fentes**, **gerces**) ou à un arrêt de la transformation de l'aubier en bois parfait (**lunure**).

Elles peuvent aussi être provoquées par l'action humaine : abattage de l'arbre, contact avec des objets **(éclats d'obus, fils de fer**...).

Parasites végétaux

Deux principaux parasites existent :

- **le chancre** : maladie infectant les blessures mal cicatrisées ;
- **le gui** : plante puisant sa nourriture dans le bois par les racines, y forant une multitude de petits trous.

Champignons

Les pourritures sont toujours provoquées par des champignons microscopiques qui se propagent et se multiplient quand les conditions de température et d'humidité s'y prêtent.

Les champignons provoquent le **bleuissement du bois** (dégâts esthétiques sans conséquences sur les propriétés physiques et mécaniques), des **échauffures** (dégâts esthétiques et mécaniques), une **pourriture cubique** (dégâts esthétiques et mécaniques) ou une **pourriture fibreuse** (dégâts esthétiques et mécaniques).

Attaques d'insectes

Les **insectes xylophages** sont extrêmement nombreux. Ils se développent suivant un cycle et ce sont **leurs larves** qui se nourrissent du bois et y creusent des galeries.

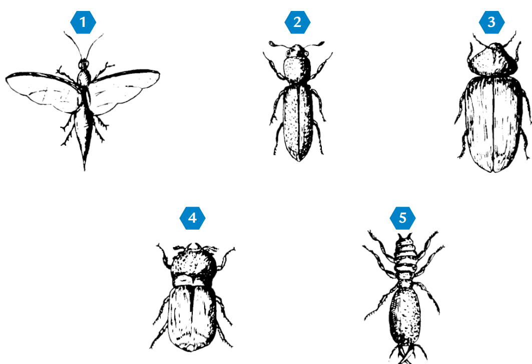


Figure 6.2 Exemple d'insectes xylophages : 1 sirex, 2 lyctus, 3 vrillette, 4 bostryche capucin, 5 termite

7. TAUX D'HUMIDITÉ DANS LE BOIS

Le bois est un matériau sensible aux variations hygrométriques. Par conséquent il convient d'anticiper ces variations dans la mise en œuvre des ouvrages.

L'eau dans le bois

L'humidité est présente dans le bois sous la forme :

- **d'eau libre**, contenue dans les vides à l'intérieur des cellules lorsque le taux d'humidité dans le bois est supérieur à 30 % ;
- **d'eau de saturation** (appelée également eau liée ou eau d'imprégnation), qui imprègne les parois des cellules. Lorsque le taux d'humidité passe en dessous de 30 %, cette eau de saturation diminue. La perte ou la reprise en humidité des parois des cellules crée les variations dimensionnelles ;
- **d'eau de constitution** : elle est une partie intégrante des tissus et ne disparaît pas lors du séchage, mais lors de la combustion du bois.

Le taux de 30 % d'humidité correspond au **point de saturation des fibres**. Le séchage naturel permet d'abaisser le taux d'humidité aux alentours de 15 %.

Les degrés d' humidité en fonction de la destination de l'ouvrage

Lors de la fabrication, la teneur en humidité du bois ne doit pas excéder 22 % (NF EN 14250).

***H* % ≤ 22 %** :

- Charpente et escalier en bois (DTU 31.1).
- Charpente industrielle (EN 14 250).

***H* % ≤ 18 %** :

- Maison à ossature en bois (DTU 31.2).
- Menuiserie extérieure.

***H* % ≤ 12 %** :

- Siège (NF D 61-010).
- Menuiserie intérieure, agencement, ébénisterie (de 10 à 12 %).

Équilibre hygroscopique du bois

Le tableau de la figure 7.1 permet de savoir vers quel taux d'humidité tend le bois lorsqu'il est placé dans des conditions de température et d'humidité relatives à l'air. C'est ce que l'on appelle **l'équilibre hygroscopique du bois**. Cet équilibre s'établit assez lentement.

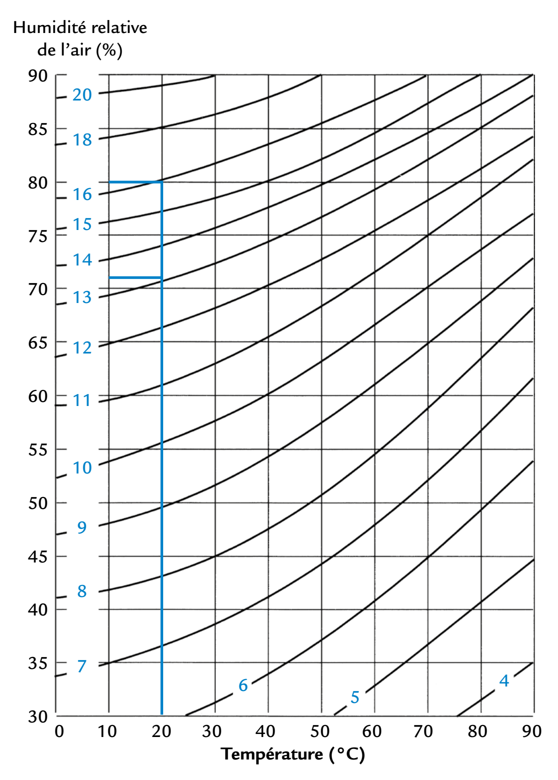


Figure 7.1 Courbe hygroscopique

Ce tableau permet d'identifier les variables qui peuvent être modifiées (température ou HR) pour conserver un taux d'humidité satisfaisant.

EXEMPLES

Avec une température de 20 °C et une humidité relative de l'air de 71 %, les pièces seront stables à un taux d'humidité de 13 %.

Avec une température de 20 °C et une humidité relative de l'air de 80 %, les pièces seront stables à un taux d'humidité de 16 %.

8. RÉTRACTABILITÉ DU BOIS

Lors de la perte de l'eau de saturation (en dessous de 30 % d'humidité), le bois se rétracte en se déformant. On parle de rétractabilité du bois.

Ces variations dimensionnelles peuvent être mesurées à l'aide d'un coefficient de retrait pour garantir une bonne qualité de mise en œuvre des ouvrages.

La rétractabilité du bois

Le bois se rétracte suivant trois directions :

- **en sens axial** : dans le sens de l'axe de l'arbre. Le retrait est pratiquement négligeable ;
- **en sens radial** : dans le sens transversal par rapport aux cernes. Le retrait représente entre 2 et 8 % de la largeur des planches, suivant les essences ;
- **en sens tangentiel** : dans le même sens que les cernes. Le retrait tangentiel est 1,2 à 3 fois supérieur à la valeur du retrait radial, suivant les essences.

Comme ce retrait s'effectue de façon différente suivant les directions, la perte de volume peut s'accompagner de déformations suivant l'endroit où le bois est prélevé dans l'arbre.

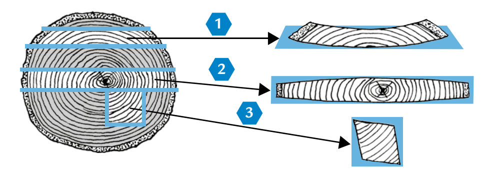


Figure 8.1 Déformations du bois lors de la rétractation

1 **Planche sur dosse** : la face la plus proche de l'aubier sèche davantage que l'autre. Cela crée des tensions internes qui se manifestent par la courbure de la planche (tuilage).

2 **Planche sur quartier** : les bords de la planche (l'aubier) deviennent plus minces que le centre, mais elle reste plane. Les planches sur quartier sont les plus recherchées car elles donnent des pièces qui resteront toujours planes malgré les variations hygrométriques.

3 **Section carrée sur fausse dosse** (ou faux quartier) : le bois se rétracte plus dans le sens des cernes (tangentiel) qu'en travers de celle-ci (radial), donc, au séchage, on obtient une section en forme de losange.

Le coefficient de retrait

Il exprime en **pourcentage** la **variation dimensionnelle du bois** pour une **variation de 1 % d'humidité**.

Exemple : lorsque l'humidité du chêne varie de 1 %, les dimensions des pièces varient de 0,20 % (dans le sens radial).

Le bois varie en dimension uniquement entre 30 % et 0 % de son humidité. Donc, il peut varier au maximum de 30 fois son coefficient.

Plus le coefficient est élevé, plus on dit que le bois est **nerveux**, **peu stable** ou **à fort retrait**.

Tableau 8.1 Exemples de coefficients de retrait pour des essences indigènes

Essence	Coefficient de retrait radial	Coefficient de retrait tangentiel	Coefficient de retrait volumétrique (R+T)
Chêne	0,17 %	0,32 %	0,49 %
Douglas	0,17 %	0,27 %	0,44 %
Épicéa	0,17 %	0,31 %	0,58 %
Frêne	0,19 %	0,32 %	0,51 %
Hêtre	0,21 %	0,41 %	0,62 %
Merisier	0,17 %	0,28 %	0,45 %
Pin sylvestre	0,17 %	0,31 %	0,48 %
Sapin	0,14 %	0,31 %	0,45 %

Calcul du retrait du bois

Le retrait se calcule à l'aide des formules suivantes :

$$\textbf{Retrait radial } (Rr) : Rr = \frac{r \times L \times \Delta H \%}{100}$$

$$\textbf{Retrait tangentiel } (Rt) : Rt = \frac{t \times L \times \Delta H \%}{100}$$

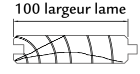
- r = coefficient de retrait radial en % ;
- t = coefficient de retrait tangentiel en % ;
- L = dimensions (radiale ou tangentielle) de la pièce de bois en millimètres ;
- $\Delta H \%$ = écart entre l'humidité initiale et l'humidité finale.

Exemple de calcul du retrait

On réalise des volets sur barre en sapin. Sachant que :

- le taux d'humidité du bois lors de la fabrication est de 13 % ;
- la largeur de la lame est de 100 mm ;
- l'épaisseur de la lame est de 24 mm ;
- le débit est sur quartier ;
- le taux d'humidité du bois en hiver est de 18 % ;
- le taux d'humidité du bois en été est de 10 %.

Afin d'éviter des retouches éventuelles, il nous faut tenir compte du gonflement du volet en période humide et du retrait en période sèche.



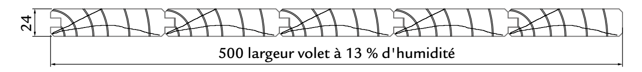


Figure 8.2 Lame de volet

Calcul de la valeur de gonflement, en période humide

Dans le **sens radial :**

$$\mathbf{Rr} = \frac{0,14 \times 100 \times (18 - 13)}{100}$$

$$\mathbf{Rr} = 0,7\ \mathbf{mm}$$

Largeur finale de la lame à 18 % d'humidité : 100 + 0,7 = 100,07 mm.

Dans le **sens tangentiel :**

$$\mathbf{Rt} = \frac{0,31 \times 24 \times (18 - 13)}{100}$$

$$\mathbf{Rt} = 0,372\ \mathbf{mm}$$

L'épaisseur finale de la lame à 18 % d'humidité : 24 + 0,37 = 24,037 mm

La largeur du volet en période humide est montrée en Figure 8.3.

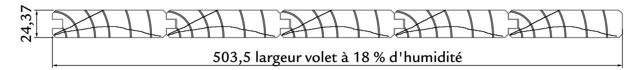


Figure 8.3 Largeur volet en période humide

Calcul de la valeur du retrait, en période sèche

Dans le **sens radial** :

$$\mathbf{Rr} = \frac{0,14 \times 100 \times (13 - 10)}{100}$$

$$\mathbf{Rr} = 0,42\ \mathbf{mm}$$

Largeur finale de la lame à 10 % d'humidité : 100 – 0,42 = 99,58 mm.

Dans le **sens tangentiel** :

$$\mathbf{Rt} = \frac{0,31 \times 24 \times (13 - 10)}{100}$$

$$\mathbf{Rt} = 0,223\ \mathbf{mm}$$

L'épaisseur finale de la lame à 10 % d'humidité : 100 – 0,223 = 23,78 mm

La largeur du volet en période humide est montrée en Figure 8.4.

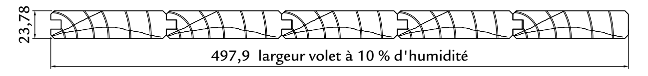


Figure 8.4 Largeur volet en période sèche

9. SÉCHAGE

Le séchage du bois se fait par circulation de l'eau du centre vers les surfaces, puis évaporation en surface. Il permet d'améliorer la durabilité du bois, sa stabilité dimensionnelle, sa résistance aux moisissures (en dessous de 20 % d'humidité, aucun champignon ne se développe) et aux insectes. Cela facilite sa transformation et sa mise en œuvre.

Le séchage naturel

Après le débit en scierie, les bois sont entreposés à l'air libre afin qu'ils sèchent naturellement. Pour obtenir un séchage de qualité, il faut une **bonne circulation de l'air** autour et à l'intérieur de la pile. Des épingles (ou baguettes) sont donc intercalées entre les planches, pour les maintenir espacées.

Les altérations

Des altérations peuvent apparaître au cours du séchage :

- Altérations liées au séchage des fibres : le **gauchissement** (vrillage de la planche), les **gerces** et les **fentes en bout**.
- Altérations liées aux champignons : les **échauffures** et les **pourritures**.

Pour éviter les fentes en bout, liées à l'évaporation rapide de l'humidité aux extrémités de la planche, on peut agir en retardant cette évaporation :

1. par de la peinture ;
2. par un maintien avec une petite latte de bois clouée ;
3. par un maintien avec des agrafes métalliques.

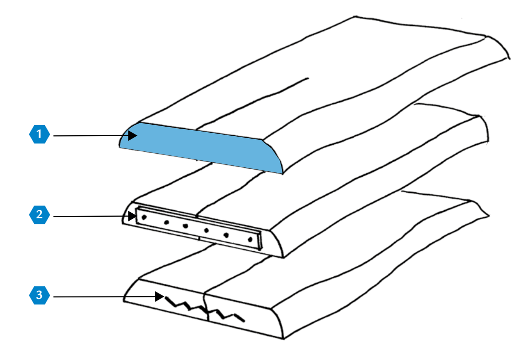


Figure 9.1 Aboutages de plateau

La vitesse de séchage

Elle dépend de :

- **l'essence** : les bois durs sèchent plus lentement que les bois tendres et bois résineux ;
- **l'épaisseur et la largeur** des planches : plus la section est importante, plus le centre de la planche met du temps à sécher ;
- **la saison**, et donc de la température et de l'hygrométrie.

Le séchage artificiel

Le séchage artificiel, utilisé pour obtenir des taux d'humidité impossibles à atteindre avec le séchage à l'air libre, se fait par convection. Cette technique repose sur deux principes : apport d'énergie et évacuation de l'humidité.

Le séchoir à air chaud climatisé (traditionnel)

Il permet un séchage du bois entre la température ambiante et 90 °C. L'évacuation de l'humidité du séchoir se fait par échange d'air avec l'extérieur.

L'apport calorifique peut se faire directement par un brûleur ou indirectement par des batteries de chauffe alimentées par de l'eau chaude.

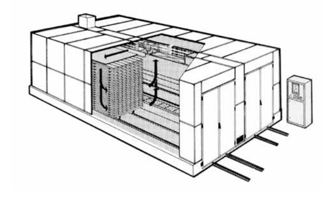


Figure 9.2 Séchoir artificiel

Le séchoir par déshumidification (pompe à chaleur)

Ce type de séchoir est équipé d'un groupe frigorifique comprenant une batterie froide (l'évaporateur) et une batterie chaude (le condenseur). On trouve deux procédés pour les séchoirs par pompe à chaleur :

- **à circuit fermé** : il n'existe aucun échange d'air avec l'extérieur ;
- **à circuit ouvert** : par méthode traditionnelle, un échange d'air est effectué avec l'extérieur pour faire baisser la température dans le séchoir.

Préséchoir et SGCBT

Le préséchage consiste en un début de séchage artificiel des bois depuis l'état vert jusqu'à une humidité finale comprise entre 20 et 30 %. Cette technique permet d'améliorer la qualité des bois avant le sciage, grâce à un séchage doux et contrôlé. Ce matériel est principalement utilisé pour les feuillus durs.

Le SGCBT (**Séchoir grande capacité et basse température**) est adapté pour le séchage complet des essences résineuses. Sa capacité peut atteindre 1 600 m^3 de bois. Les bois sont maintenus à une température de 30 à 40 °C pendant 10 à 20 jours selon le taux d'humidité recherché.

Le séchoir sous vide

Un séchoir sous vide est une enceinte hermétique dans laquelle on diminue la pression grâce à une pompe à vide. Ce sont les actions conjuguées de la pression et de la température qui vont accélérer la circulation de l'eau dans les bois et intensifier l'évaporation. Il est trois à six fois plus rapide que le séchage à air chaud climatisé (ACC).

Cet équipement est bien adapté au séchage des **bois de grosse épaisseur**, car il permet un séchage plus rapide du centre de la pièce.

L'enceinte extérieure est analogue à celle du séchoir haute fréquence.

Le séchoir haute fréquence

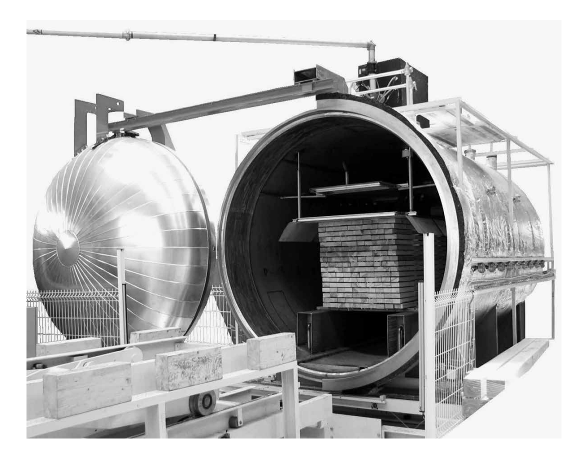


Figure 9.3 Séchoir haute fréquence

Sous l'effet d'un champ électrique alternatif HF, l'énergie rayonnée se transforme instantanément en chaleur au sein de l'eau contenue dans le bois. L'évacuation de l'humidité du bois est déclenchée, accélérée et maîtrisée à l'aide d'une vapeur d'eau mise sous pression. **Cette vapeur limite les risques d'altération** (fentes, déformations).

Ce procédé permet un séchage 10 à 100 fois plus rapide que tous les procédés existants. De plus, sa consommation d'énergie est faible.

Le séchoir solaire

Le séchoir solaire est un système **très écologique**. Le bâtiment est conçu sur le principe de la serre : une construction anticorrosion en aluminium, couverte par une enveloppe transparente et isolante en film polyéthylène à coussins d'air à trois couches.

Afin de pouvoir utiliser de l'énergie supplémentaire (en condition nocturne ou défavorable), des échangeurs de chaleur sont installés.

Comparatif des procédés de séchage

Tableau 9.1

	Séchoir à air chaud climatisé	Séchoir sous vide + vapeur surchauffée	Séchoir haute fréquence
Durée des cycles de séchage	27 jours	6 ou 7 jours	0,5 jour
Consommation énergétique (KWh/kg d'eau évacuée)	5,8 KWh/kg	2,5 à 3 KWh/kg	1,6 à 2,2 KWh/kg

Exemple avec le séchage d'un bois résineux (épaisseur de 140 mm) : humidité initiale de 45 % et humidité finale de 18 %.

10. DURABILITÉ DES BOIS

Les bois mis en œuvre sont soumis à des risques d'altérations liés aux attaques biologiques (champignons, insectes xylophages, termites, etc.).

Selon l'emploi du bois, il convient d'assurer sa durabilité en fonction de la durée de vie envisagée de l'ouvrage. Ce niveau est adapté selon la norme EN 335.

Tableau 10.1 Les classes d'emploi (norme NF EN 335)

Classe d'emploi	Destination	Risques	Choix des essences
1 **Bois d'intérieur**	Menuiserie d'intérieur, mobilier et agencement	Insectes à larves xylophages et termites.	Certaines essences purgées de leur aubier n'ont pas besoin de traitement contre les insectes xylophages (sauf termites).
2 **Bois sous abri et non exposé aux intempéries**	Charpente, ossature	Insectes xylophages et termites. Champignons en cas d'humidité temporaire.	Les bois doivent être résistants aux attaques d'insectes, naturellement ou au moyen d'un traitement (décret **2006-591**).
3.1 **Bois en extérieur, sans contact avec le sol, exposé aux intempéries avec séchage rapide**	Menuiserie extérieure (portes, fenêtres), bardages	Champignons et pourritures dans la partie maintenue à plus de 20 % d'humidité sur une longue période. Insectes à larves xylophages et termites.	Essences ne nécessitant pas de traitement (ex : chêne, châtaignier, pin, mélèze, douglas). Essences suffisamment imprégnables (**EN 350-2 et NF B50 105-3**).
3.2 **Bois en extérieur, sans contact avec le sol, exposé aux intempéries avec humidification prolongée**			
4 **Bois en extérieur en contact avec le sol ou l'eau douce**	Clôtures, poteaux…	Champignons et pourritures. Insectes à larves xylophages et termites.	Essences naturellement durables (essences tropicales et robinier). Essences très imprégnables.
5 **Bois en contact avec l'eau de mer**	Aménagement de bord de mer	Pourriture, térébrants marins.	Pas de traitement à ce jour pour atteindre cette classe d'emploi.

La durabilité face aux attaques des champignons (norme EN350-2)

Elle est définie suivant cinq classes :

Tableau 10.2 Les cinq classes de la durabilité du bois

Classes de durabilité	
1	Très durable
2	Durable
3	Moyennement durable
4	Faiblement durable
5	Non durable

Ce classement concerne uniquement la partie en duramen du bois, et non l'aubier qui est automatiquement en classe de durabilité 5.

La durabilité face aux attaques des insectes xylophages

Elle est définie suivant deux classes :

- classe D : durable ;
- classe S : sensible.

Chaque essence a un classement spécifique suivant le type d'insectes xylophages en question et selon que c'est le duramen ou l'aubier qui est attaqué.

La durabilité face aux attaques des termites

Elle est définie suivant trois classes :

- classe D : durable ;
- classe M : moyennement durable ;
- classe S : sensible.

L'aubier, pour toutes les essences de bois, est sensible aux termites.

11. TRAITEMENT DES BOIS

Pour remédier à la sensibilité de certaines essences aux attaques biologiques, il existe des **traitements préventifs** ou des **traitements curatifs**.

L'imprégnabilité du bois au traitement

Chaque essence de bois a une capacité plus ou moins importante pour absorber les produits de traitement. L'imprégnabilité des essences de bois est définie en quatre classes, suivant la norme **EN 350-2**.

Pour chaque essence, il existe deux classements, suivant le duramen ou l'aubier. L'aubier est une partie de l'arbre plus tendre, donc plus perméable. Il est principalement en classe 1 ou 2.

Tableau 11.1 Classes d'imprégnabilité

Classe d'imprégnabilité		Exemples d'essences
1	Imprégnable (facile à traiter)	Hêtre
2	Moyennement imprégnable (assez facile à traiter)	Frêne, sapin...
3	Peu imprégnable (difficile à traiter)	Okoumé, peuplier, épicéa...
4	Non imprégnable (impossible à traiter)	Châtaignier, chêne, douglas, iroko, niangon...

Le choix du traitement

Le choix du traitement se fait en fonction de la classe d'emploi et de l'essence.

Tableau 11.2 Choix du traitement en fonction de la classe d'emploi

Classe d'emploi ciblée	Type de traitement utilisé	Profondeur de pénétration et rétention du produit
1	– **Badigeonnage** d'un produit ayant une fonction insecticide, voire fongicide (classe 2) – **Aspersion** sur la surface du bois – **Trempage** du bois	Bois traité superficiellement sur une profondeur de 3 mm (NP1). Rétention : 50 %.
2		
3.1	– **Aspersion** sur la surface du bois – **Trempage** du bois – **Traitement par autoclave**	Bois traité superficiellement sur une profondeur de 3 mm (NP1). Rétention : 50 %.
3.2	– **Traitement par autoclave**	Bois traité en semi-profondeur, de 6 mm et plus (NP3). Rétention : 100 %.
4	– **Traitement par autoclave**	Bois traité dans toute la masse. Le bois doit être facilement imprégnable (NP4). Rétention : 100 %.

Rétention : quantité de produit retrouvé dans le bois traité.

Pénétration : il existe cinq niveaux d'exigence de pénétration (voir certification CTB-B+).

Les méthodes de traitement

Les traitements de surface

Le badigeonnage : il se fait au pinceau ou à la brosse. C'est une méthode longue, utilisée pour des rattrapages lors de la mise à nu du bois (entaille, coupe...) ou pour de petites surfaces en traitement préventif ou curatif.

Le trempage court : le bois est immergé en pile dans un bac. La durée de trempage dépend des essences et de la profondeur d'imprégnation désirée.

L'aspersion : le produit est pulvérisé à l'aide d'une rampe d'aspersion qui se déplace et asperge le bois par le dessus et le côté lors de son passage dans l'enceinte de traitement. Résultat analogue à celui du trempage.

Le traitement en profondeur

L'imprégnation par autoclave

Le bois est traité dans un autoclave relié à une cuve de stockage du produit, à une pompe à vide et à une pompe à pression. On obtient une imprégnation totale du bois, quelle que soit l'essence traitée.

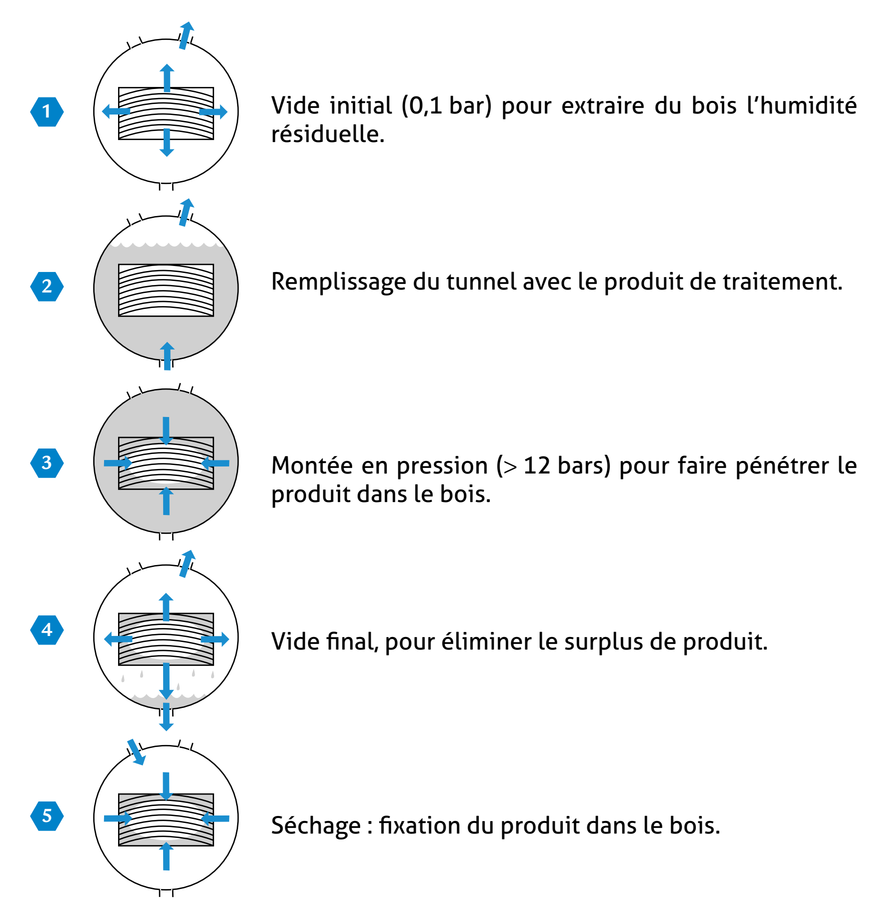


Figure 11.1 Processus du traitement par autoclave

Les produits de traitement

Les produits contiennent tous des substances actives fongicides et insecticides, des liquides favorisant la pénétration des substances dans le bois (eau, solvants organiques) et des agents de fixation.

Les produits hydrodispersables : les produits sont à base d'huiles en émulsion dans l'eau. Ils répondent aux exigences des classes de risque 1 et 2.

Les produits en solvants organiques : le solvant est un dérivé du pétrole (white spirit), c'est 90 % du produit ; il dégage en s'évaporant des odeurs et des substances volatiles. Ces produits sont **utilisés efficacement pour le traitement curatif** des bois. Leur emploi doit se faire dans le cadre d'un processus parfaitement contrôlé afin d'éviter des risques pour la santé.

Les produits à base de sels hydrosolubles : appliqués uniquement par autoclave, ils permettent à certaines essences d'atteindre les exigences des classes de risques 3 et 4.

Le traitement cuivre chrome arsenic (CCA) ou bore (CCB) : ce produit datant des années 1930 est un mélange de **cuivre (fongicide)**, de **chrome (fixateur)** et d'**arsenic** ou de **bore (insecticide)** très utilisé pour **traiter les résineux**. On reconnaît les bois traités à leur couleur verdâtre due au cuivre. Ces **composants, très toxiques** (l'arsenic est un poison et le chrome est cancérigène), ont des **impacts négatifs sur l'environnement**. Ils sont interdits sur les aires de jeux pour enfants.

Tableau 11.3 Produits de traitement en fonction de la méthode de traitement et de la classe d'emploi

Produits de traitement	Méthode de traitement	Classes d'emploi
Organiques	Badigeonnage	1 et 2
Organiques hydrodispersables	Aspersion	1 et 2
Organiques hydrodispersables	Trempage	1, 2 et 3.1
Organiques	Autoclave	3.2
Sels hydrosolubles		4

RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

La plupart des composants chimiques des produits sont dangereux pour la santé et l'environnement. Les expositions importantes peuvent conduire à des intoxications graves, et les expositions régulières, même à faible dose, risquent de provoquer des maladies. Aujourd'hui, avec le développement et la recherche de la chimie, la composition et les méthodes d'imprégnation progressent.

De nouveaux produits à base de composés organiques biodégradables apparaissent sur le marché. Ils ont un plus faible impact sur l'environnement. La **certification CTB-B+** garantit leur efficacité et leur absence de toxicité.

PARTIE B

LES DÉRIVÉS DU BOIS

Pour éviter les inconvénients des variations hydrométriques du bois massif, on utilise des panneaux dérivés du bois qui permettent à la fois d'obtenir une meilleure stabilisation au niveau dimensionnel et aussi d'éviter des déformations.

Les dérivés du bois sont aujourd'hui plus utilisés que le bois massif, en raison de leur moindre coût de revient. Ils sont également plus faciles et plus rapides à mettre en œuvre car ce sont des produits semi-finis.

Certains, comme les panneaux de particules surfacés mélaminés, sont souvent utilisés en agencement car une très grande variété de décors existe : ton uni, aspect bois, pierre, métal, tissu… On y trouve également des variétés de texture : mate, brillante, granitée, avec les reliefs du bois…

Suivant les modes et les tendances, de nouveaux modèles apparaissent régulièrement afin de pouvoir répondre aux attentes esthétiques des architectes et des clients.

12. CONTREPLAQUÉ

Le contreplaqué est un panneau constitué par la **superposition croisée de couches de placage déroulé**.

Ces plis sont toujours en nombre impair et croisés à 90 degrés.

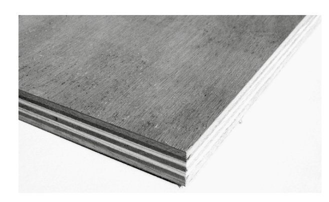


Figure 12.1 Contreplaqué

Le croisement des fibres stabilise le panneau, car **l'âme (le pli central)** retient la fibre des plis supérieurs et inférieurs, et **le nombre impair des plis** limite la déformation ; l'équilibre des plis se fait autour de l'âme.

Les plis peuvent être en pin, en bouleau, en hêtre, mais principalement en **peuplier** ou en **okoumé**.

Ils ont une épaisseur comprise entre 0,8 et 3 mm.

Les plis sont collés avec des **résines thermodurcissables**. Leur composition peut varier en fonction de la classe du panneau souhaité.

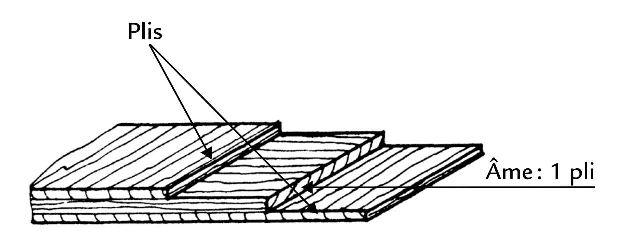


Figure 12.2 Plis

Tableau 12.1 Épaisseurs et dimensions commerciales

Nombre de plis	3 plis	5 plis	7 plis	9 plis	13 plis
Épaisseur en mm	3, 4, 5, 6	8, 10,12	15, 18	22, 25	30
Formats panneaux	2 500 × 1 220 mm ou 3 100 × 1 530 mm Le fil apparent du pli extérieur est dans le sens de la longueur				
Variations dimensionnelles	0,15 % dans les deux sens (longueur et largeur) et 4 % en épaisseur				
Masse volumique	Entre 400 et 660 kg/m³				

Classement

Les contreplaqués sont définis dans la norme **NF EN 636**.

Suivant le choix de la colle et de l'essence de bois utilisées, le contreplaqué peut avoir une meilleure résistance à l'humidité.

Classe 1, milieu sec : utilisé en intérieur, à l'abri de l'humidité.

Classe 2, milieu humide : utilisé en intérieur, avec une humidité maximale de 85 %, ou à l'extérieur mais abrité.

Classe 3, milieu extérieur : nommé **CTB-X**, utilisé en extérieur et résistant aux intempéries, même prolongées.

Les différents types de contreplaqué

Le contreplaqué souple cintrable : le pli central (l'âme) est très mince et en bois dur, alors que les plis extérieurs sont épais et en bois tendre.

Cela permet une grande souplesse dans le sens de l'âme. Ce panneau est conçu pour réaliser des pièces cintrées.

Le contreplaqué ignifugé M1 et M2 : le bois est traité pour résister un certain temps au feu. Ce traitement est sensible à l'eau et nuit à l'adhérence des colles et des produits de finition.

Le contreplaqué de coffrage CTB-C : un traitement à base de résine rend la surface du panneau très dure et lisse. Il est donc très résistant à l'eau. Il est utilisé pour le coffrage du béton.

Le contreplaqué marine : conçu pour la construction navale, il est très résistant à l'eau et à l'abrasion.

Le lamibois (LVL) : panneau dont tous les plis sont dans le même sens, ce qui lui permet d'avoir une très grande résistance mécanique dans le sens des plis.

Le contreplaqué de bouleau, dit de carrosserie ou d'aviation : les plis sont en très fine épaisseur, ce qui permet d'avoir des contreplaqués de seulement 1 mm d'épaisseur en trois plis et très résistants.

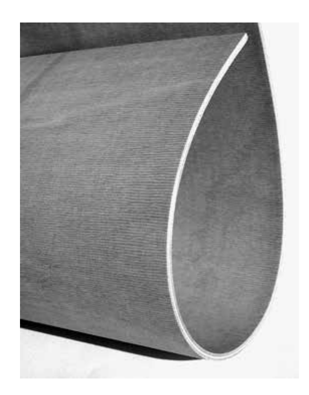


Figure 12.3 Contreplaqué cintrable

13. LATTÉ

Appelé également contreplaqué latté. Sa conception est identique au contreplaqué mais le pli central (l'âme) est constitué d'une multitude de lattes juxtaposées.

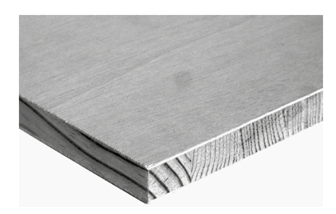


Figure 13.1 Latté

Les lattes sont en peuplier ou en résineux, ont une largeur comprise entre 7 et 30 mm et sont collées entre elles à plat joint. Seulement deux plis de placage sont croisés à 90 degrés avec les lattes.

Ce procédé lui confère une excellente résistance mécanique dans le sens des lattes et un faible poids. Le latté étant sensible à l'eau, il est exclusivement réservé à l'ébénisterie et à la menuiserie d'agencement.

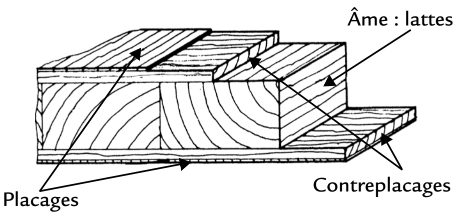


Figure 13.2 Lattes

Tableau 13.1 Épaisseurs et dimensions commerciales

Épaisseur en mm	15	19	22	30
Formats panneaux	2 500 × 1 220 mm ou 3 100 (ou 3 500) × 1 530 mm Le fil apparent du pli extérieur est dans le sens de la largeur, car les lattes sont orientées dans le sens de la longueur			

Les différents types de latté

Le contreplaqué panneauté : les lattes sont très larges (plus de 30 mm) ou d'une seule pièce.

Le contreplaqué lamellé : les lattes sont très étroites (moins de 30 mm).

Le contreplaqué et le latté plaqué : les faces sont recouvertes d'un placage de bois à but décoratif.

Le panneau support peut être de classe 1, 2 ou 3.

14. PANNEAU OSB

L'**OSB** (*Oriented Strand Board*) est un panneau à lamelles minces longues et orientées de 0,6 à 0,8 mm d'épaisseur. La fabrication de l'OSB utilise exclusivement du bois frais de coupe. En Europe, ce sont les résineux qui sont le plus souvent employés. L'addition d'une autre essence (bouleau, peuplier) est courante, mais en faible proportion. Les plus fines lamelles servent à composer l'âme du panneau et lui donnent sa cohésion.

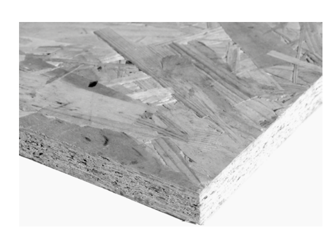


Figure 14.1 OSB

Les lamelles les plus larges servent à composer les deux couches extérieures du panneau. Elles sont disposées parallèlement à la longueur du panneau, ce qui lui procure une **grande résistance mécanique**. Les lamelles sont ensuite encollées avec des résines liquides à base de mélamine-urée-phénol-formol.

Tableau 14.1 Épaisseurs et dimensions commerciales

Épaisseur en mm	8	10	12	15	18	22
Formats panneaux	2 500 × 1 250 mm, 5 000 × 1 250 mm et 5 000 × 2 500 mm					
Variations dimensionnelles	0,2 % dans le sens de la longueur, 0,3 % en largeur et 6 % en épaisseur					
Masse volumique	Entre 550 et 720 kg/m^3					

Les différents types d'OSB

Les panneaux OSB sont définis dans la norme **NF EN 300**. Quatre types de panneaux sont déterminés :

- **OSB 1** : panneau pour l'agencement intérieur, utilisé en milieu sec.
- **OSB 2** : panneau travaillant (plancher, étagères…), utilisé en milieu sec.
- **OSB 3** : panneau travaillant (plancher, poutre en I, emballage…), utilisé en milieu humide.
- **OSB 4** : panneau travaillant sous contrainte élevée (construction de maison ossature bois), utilisé en milieu humide.

15. PANNEAU DE FIBRES

Les panneaux de fibres existent en différentes densités : MDF (*Medium Density Fiberboard*) standard, MDF léger (LDF) et MDF haute densité (HDF). Ils sont constitués de fibres de bois qui sont collées à l'aide de résines thermodurcissables.

Le MDF est fabriqué selon un procédé dit « par voie sèche ». Les billons de bois sont fragmentés en plaquettes. Puis, sous l'action de la vapeur d'eau qui ramollit le bois, les plaquettes sont défibrées par des broyeurs. Les fibres de bois obtenues sont d'environ 1,5 mm.



Figure 15.1 MDF

La cohésion du panneau est obtenue par collage des fibres. Leur encollage est effectué par pulvérisation de la colle sous haute pression en fines gouttelettes dès la sortie du défibreur.

Une fois encollées, les fibres très humides (de vapeur et de colle) passent à grande vitesse dans un séchoir pour être ramenées à 10 % d'humidité.

Puis on réalise le pressage à chaud de la matière fibreuse, dont l'épaisseur (avant pressage) est de 15 à 20 fois celle du panneau final, en deux étapes : pré-pressage et pressage. Les panneaux supérieurs à 19 mm peuvent être composés de plusieurs épaisseurs pré-pressées, puis assemblées.

Enfin, les panneaux sont refroidis et stabilisés avant d'être mis au format et poncés pour obtenir l'épaisseur définitive.

Tableau 15.1 Épaisseurs et dimensions commerciales

Épaisseur en mm	3	5	6	10	12	16	19	22	25	30	35	40	45	50
Formats panneaux	2 070 × 2 800 mm, 2 500 × 1 250 mm, 5 000 × 1 250 mm et 5 000 × 2 500 mm.													
Variations dimensionnelles	0,3 % dans le sens de la longueur et de la largeur et 6 % en épaisseur													
Masse volumique	MDF léger (LDF) de 450 à 650 kg/m^3 MDF standard de 650 à 800 kg/m^3 MDF haute densité de 800 à 900 kg/m^3													

Les différents types de MDF

Les panneaux MDF sont définis dans les normes **NF EN 622-1** (exigences générales), **NF EN 662-5** (exigences pour panneaux obtenus par procédé à sec) et **NF EN 316** (définition et classification).

- **MDF standard** : usage courant en milieu sec, très utilisé en agencement et en fabrication de meubles.
- **MDF-LA** : panneau travaillant en milieu sec, utilisé en intérieur pour des éléments porteurs (planchers, étagères, plans de travail).
- **MDF-HLS** : panneau travaillant en milieu humide, utilisé en intérieur ou sous abri pour des éléments porteurs (lames de sols stratifiés pour salles de bains).
- **MDF haute densité HDF** : panneau avec une forte quantité de colle et de fibres qui lui procure une très grande résistance mécanique et une bonne qualité de finition à l'usinage. Très utilisé dans la fabrication des lames de sols stratifiés.
- **MDF light LDF** : utilisé lorsque le poids est un critère important (mobilier de caravane) ou pour faciliter la manutention (décors de théâtre, mobiliers de magasin). Il existe en ultra-light à 500 kg/m^3.
- **MDF ignifugé M1 et M2** : les fibres de bois sont traitées au cours de la fabrication du panneau.
- **MDF cintrable** : panneau standard dont une face est striée de rainures parallèles et régulières. Cela lui procure une très grande souplesse dans le sens des rainures. Ce panneau est conçu pour réaliser des pièces cintrées.
- **Le panneau de fibres plaqué** : les faces sont recouvertes d'un placage de bois à but décoratif.
- **MDF mélaminé** : procédés et utilisations identiques à ceux des panneaux de particules mélaminés.

16. PANNEAU DE PARTICULES

Les panneaux de particules sont fabriqués à partir de rondins et de produits provenant de l'industrie de la première transformation du bois (déchets et chutes de débit de bois).

Les bois sont fragmentés en fins copeaux (beaucoup plus fins que les panneaux OSB) puis séchés à l'air chaud, avant d'être triés en deux catégories (pour le panneau trois couches) :

- les plus fines servent à composer les deux couches extérieures du panneau, pour lui donner un aspect lisse ;
- les plus larges servent à composer l'âme du panneau pour lui donner sa résistance.



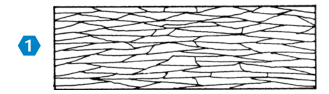
Figure 16.1 Panneau de particules

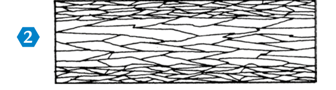
Les lamelles sont orientées dans tous les sens. Ensuite, elles sont encollées avec des résines liquides à base d'urée-formol. La composition peut varier en fonction de la classe du panneau souhaité.

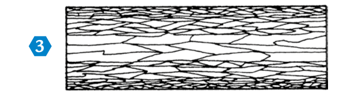
Types de conformation (couche de particules)

1. **Monocouche** : panneau homogène dont les particules sont toutes du même gabarit.
2. **Trois couches** : les deux couches externes sont formées des particules les plus fines, et la couche interne des plus grosses.
3. **Multicouche** : les particules sont réparties sur cinq à sept couches, de plus en plus fines de l'intérieur vers l'extérieur.
4. **Extrudé** : panneau de forte épaisseur (jusqu'à 70 mm) dont les particules sont perpendiculaires aux faces.

Afin de limiter le poids, des évidements tubulaires sont souvent réalisés.







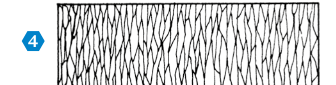


Figure 16.2 Types de conformation

Tableau 16.1 Épaisseurs et dimensions commerciales

Épaisseur en mm	6	8	10	12	15	19	22	25	30
Formats panneaux	2 070 × 2 800 mm, 3 050 × 1 850 mm et 4 100 × 1 850 mm								
Variations dimensionnelles	0,3 % dans le sens de la longueur et de la largeur et 6 % en épaisseur								
Masse volumique	Entre 500 et 800 kg/m^3 Panneau extrudé de 380 à 520 kg/m^3								

Les différents types de panneaux de particules

Les panneaux de particules sont définis selon les normes **NF EN 309** (définition et classification) et **NF EN 312** (exigences).

- **P1** : panneau pour l'usage général, utilisé en milieu sec.
- **P2** : panneau pour l'agencement et le mobilier, utilisé en milieu sec.
- **P3** : panneau pour l'agencement intérieur exposé à l'humidité (salles de bains).
- **P4** : appelé **CTB-S**, panneau travaillant (plancher et cloison), également utilisé pour l'agencement et le mobilier, mais en milieu sec.
- **P5** : appelé **CTB-H**, panneau travaillant (plancher, cloison, support de couverture), utilisé également pour l'agencement, en milieu humide ; la marque CTB-H est matérialisée à l'encre verte.
- **Ignifugé M1 et M2** : les particules de bois sont traitées au cours de la fabrication du panneau, lui permettant de résister un certain temps au feu.
- **Panneau de particules plaqué** : les faces sont recouvertes d'un placage de bois à but décoratif.
- **Panneau de particules surfacé mélaminé (PPSM)** : il possède en surface une couche résistante et décorative. Il est constitué d'un panneau et de plusieurs feuilles de papier (imprimé du décor) imprégnées de résines thermodurcissables. Très utilisé en agencement pour le mobilier et les éléments décoratifs. Il existe une très grande variété de décors pour répondre aux attentes des architectes et des clients.
- **Extrudé** : principalement utilisé en cloisons sèches car il est léger et résistant, il peut aussi servir à la fabrication des portes à « âme pleine ». Les tubulures sont verticales ou horizontales.



Figure 16.3 PPSM

17. STRATIFIÉ

Le stratifié est constitué de plusieurs feuilles de papier kraft imprégnées de résine phénolique. La partie supérieure du stratifié est la **couche décorative**. Il s'agit d'une feuille de papier sur laquelle est imprimé le décor (uni ou avec un motif imprimé). Cette feuille décor est saturée en mélamine, ce qui la rend plus durable et résistante à l'usure. Pour les décors unis, c'est la feuille qui est directement saturée et pour les motifs imprimés, on ajoute une surcouche transparente saturée en mélamine sur le papier décor. L'ensemble est pressé à haute température et **ne dépasse pas 1,3 mm d'épaisseur**.

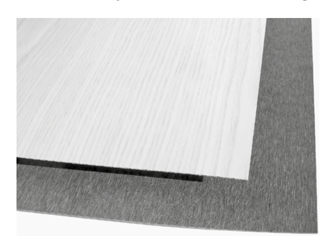


Figure 17.1 Stratifié (recto-verso)

Le stratifié est un matériau très cassant, il doit donc être obligatoirement collé sur un support. Tous les types de panneaux peuvent être utilisés comme supports, mais c'est principalement le panneau de particules qui est retenu. Pour la stabilité du panneau, il est recommandé de coller du stratifié sur les deux faces.

Les stratifiés sont extrêmement résistants :

- aux produits domestiques et alimentaires (même chauds, jusqu'à 180 °C) ;
- aux produits de nettoyage (eau de javel, liquide vaisselle...) ;
- à l'abrasion (usure, rayures et chocs) ;
- à la lumière (rayonnements UV).

Les différents types de stratifiés

Les différents types de stratifiés sont :

- standard ;
- ignifugé M1 et M2 ;
- postformable à chaud pour être collé en courbe sur un support ;
- stratifié teinté dans la masse : la résine étant colorée, les finitions sont identiques sur le chant et sur la face apparente.

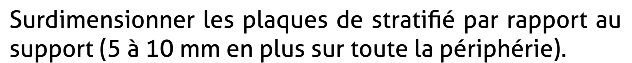
Afin de répondre à toutes les attentes esthétiques de la clientèle, une très grande variété de décors existe.

La gamme de couleurs et de textures est en général identique à celle des panneaux de particules mélaminés (même fabricant).

La mise en œuvre du stratifié



Travailler sur des surfaces propres, planes et lisses. Vérifier les conditions d'ambiance de l'atelier : température minimale : 15°, humidité relative de l'air : 50 à 60 %.



Surdimensionner les plaques de stratifié par rapport au support (5 à 10 mm en plus sur toute la périphérie).

Tableau 17.1

Image par étapes	Description
	Appliquer la colle sur la plaque de stratifié et sur le support.
	Laisser sécher jusqu'à ce que la colle soit sèche au toucher (temps de gommage). Positionner des baguettes ou des cales propres sur le support.
	Positionner le stratifié sur les baguettes.

Image par étapes	Description
	Retirer les baguettes en commençant par le milieu et appliquer fermement le stratifié sur son support.
	Maroufler à l'aide d'un rouleau caoutchouté (maroufleur) depuis le centre vers les bords (en étoile). Insister sur les bords. Réaliser le contre-balancement suivant la même méthode.
	Affleurer à l'aide de l'affleureuse les chants du panneau.

Pourquoi contrebalancer ? Le contre-balancement d'un panneau permet d'obtenir :

- des tensions symétriques sur les deux faces du complexe ;
- une bonne planéité de l'ensemble.

18. FORMALDÉHYDE

Le formaldéhyde, appelé également méthanal ou aldéhyde formique, est un gaz très présent dans notre environnement. Il rentre dans la fabrication des colles sous forme aqueuse (formol). La majorité des panneaux dérivés sont collés avec des résines urée-formol ou mélamine-urée-formol, et donc dégagent des émanations de formaldéhyde dans l'atmosphère. Les plus forts émetteurs sont les panneaux de particules, de fibres et OSB non revêtus.

Nocivité du formaldéhyde

Le formaldéhyde est une substance extrêmement volatile et inflammable. Il présente aussi des risques pour la santé des personnes, il est responsable d'allergies (eczéma, asthme) en cas de contacts directs avec un matériau qui en contient. De plus, le formaldéhyde a été classé en 2004 comme « substance cancérogène avérée pour l'homme » (Groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC).

Protection des individus

Du fait de ses propriétés toxicologiques et de ses effets cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR), la réglementation prévoit des obligations renforcées en matière de prévention et des restrictions de son usage.

Le décret n° 2020-1546 du 9 décembre 2020, entré en vigueur le **1er février 2021,** transpose la directive européenne du 5 juin 2019 (directive (UE) 2019/983) en droit national. Ce décret fixe les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) suivantes :

- une VLEP indicative sur 8 heures de 0,5 ppm ou 0,62 mg/m^3 ;
- une VLEP indicative sur 15 minutes de 1 ppm ou 1,23 mg/m^3.

Le classement

Pour répondre aux attentes environnementales et de santé publique, la réduction de formol dans de nombreux composants est recherchée. Les fabricants de colles et de panneaux progressent sur la composition et sur la réduction de colle utilisée. À la suite d'analyses d'échantillons, les panneaux sont classés suivant leur teneur en formol et leurs émissions de formaldéhyde.

La norme EN-13986 détermine un classement des panneaux suivant leur teneur en formaldéhyde :

- Les panneaux E2 : contiennent 8 à 30 mg de formaldéhyde pour 100 g de panneau.
- Les panneaux E1 : teneur inférieure à 8 mg, équivalent à une émission maximale de 0,1 ppm. Classe minimale obligatoire en France depuis 2006.
- Les panneaux E0.5 : teneur inférieure à 4 mg (particules et OSB) ou 5 mg (pour les MDF).
- Les panneaux F4 : teneur inférieure ou égale à 0,3 mg/L.

Certification CTB Air + : certification française correspondant à la norme EN-13986 : classe E1, E0.5 ou F4.

Certification CARB P2 (*California Air Ressources Board*) : fixe une exigence pour les panneaux suivant leurs émissions de formaldéhyde.

Les panneaux CARB Phase 2 : depuis le 1er janvier 2011, l'émission est limitée à 0,09 ppm pour les panneaux de particules et à 0,11 ppm pour les MDF (le 1er janvier 2012 : 0,13 ppm pour les MDF minces).

Ces taux sont revus à la baisse régulièrement afin de pousser les industriels à réduire leurs taux. Atteindre un taux de 0 ppm est néanmoins impossible car la fibre de bois contient naturellement du formaldéhyde.

19. DÉBIT DES DÉRIVÉS DU BOIS

Orientation des pièces

Le débit des pièces se fait directement suivant les dimensions finies, sans surcotes. La structure ou le décor du panneau sont à considérer pour :

- **le contreplaqué** : tenir compte si besoin du sens du fil apparent (le dernier pli de surface) ;
- **le latté** : attention au sens des lattes, ce sont elles qui donnent toute sa résistance mécanique au latté ;
- **le panneau OSB** : les copeaux sont orientés dans le sens de la longueur pour une meilleure résistance mécanique ;
- **tous les panneaux plaqués** ou recouverts d'un décor à motif (mélaminés ou stratifiés) : tenir compte du sens du motif apparent ;
- **les panneaux cintrables** (contreplaqué et médium) : suivre impérativement le sens de pliage du panneau.

En revanche, pour **le medium** (MDF) et le **panneau de particules**, qui ont la même structure dans tous les sens, il n'y a pas de sens de débit à respecter.

Optimisation du débit

Pour limiter la perte de matière dans les panneaux, on recherchera la meilleure combinaison de placement des pièces à débiter dans un format de panneau entier. Cette opération s'appelle le « calepinage ». Dans cette recherche d'optimisation de la matière, il faut placer en premier les pièces les plus grandes, puis les moyennes, et finir par les plus petites. L'optimisation consiste aussi à trouver le format de panneau disponible (en fonction du matériau) le plus adapté pour limiter la perte de matière.

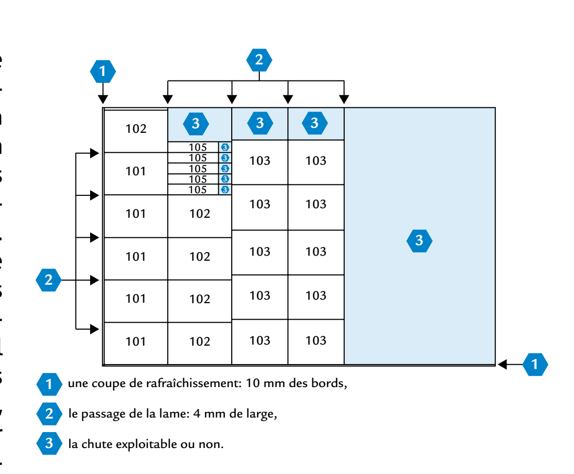


Figure 19.1 Exemple de calepinage

Exemple d'un calepinage en fonction de l'orientation des pièces

A l'aide des figures 19.2 et 19.3, nous pouvons comparer que l'orientation des pièces et que le décor influent sur le nombre de pièces qui peuvent être débitées dans un panneau.

Dans le premier cas nous avons un panneau de MDF dans lequel nous n'avons pas de contrainte pour le sens du débit. Nous pouvons débiter 10 pièces et optimiser au mieux le panneau.

Dans le second cas nous devons débiter les pièces en respectant que le sens du fil du bois (décor du panneau) soit dans le sens de la longueur des pièces. Dans ce cas nous ne pouvons plus que placer 9 pièces (impossible de mettre la 103) et nous avons une perte plus importante.

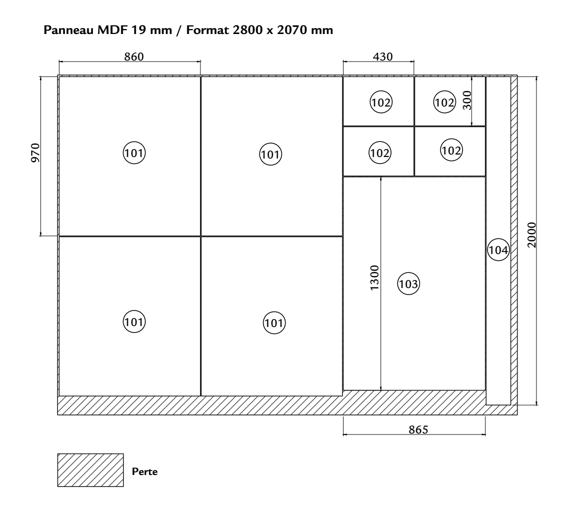


Figure 19.2

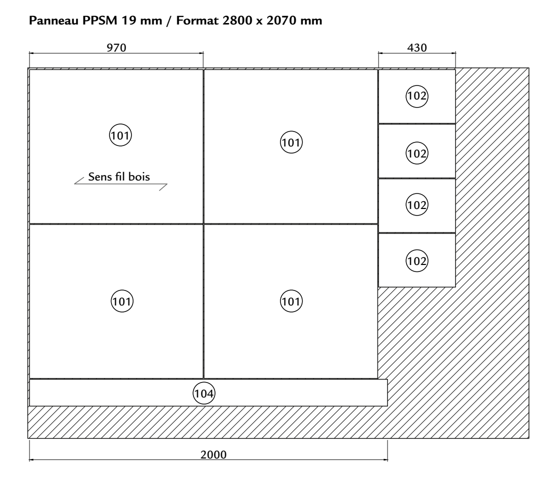


Figure 19.3

PARTIE C

LE DÉBIT ET LES PREMIÈRES ÉTAPES DE LA TRANSFORMATION DU BOIS MASSIF

Les professionnels de la première transformation du bois (sylviculteurs, bûcherons et scieurs) gèrent les forêts, les exploitent et fournissent la matière d'œuvre aux entreprises de la seconde transformation (menuisiers, ébénistes).

Les produits en bois massif issus des scieries sont normalisés selon des choix et des qualités qui permettent de s'adapter aux différents emplois des ouvrages dans le domaine de l'ameublement et de la charpente.

Le bois massif nécessite d'être débité et corroyé avec soin afin de pouvoir exécuter les différents usinages qui permettront la construction des ouvrages de menuiserie et d'ébénisterie.

20. DÉBIT COMMERCIAL DU BOIS

Le tronc de l'arbre qui est extrait de la forêt est appelé « **la grume** ». Suivant sa longueur, il peut être découpé en plusieurs tronçons que l'on nomme « **billes** ». Ces billes de bois sont prédécoupées en scierie : c'est la phase de débit. Selon la qualité des billes et les résultats à obtenir, le scieur choisira entre divers modes de débit.

Le débit en plot

C'est le débit le plus courant. L'exécution est rapide et facile. Toutes les planches sont sciées selon le même plan longitudinal. On obtient alors des planches de différents types avec un veinage différent selon qu'elles sont débitées sur quartier ou sur dosse.

Les planches sur quartier sont généralement les plus recherchées, car elles subissent le moins de déformation.

Figure 20.1 Débit en plot

Le débit sur quartier

Ce débit, également appelé débit moreau, donne des planches sur quartier et faux quartier. Il est obtenu par un sciage successif et perpendiculaire. Il provoque peu de pertes de bois, mais la manipulation est très importante.

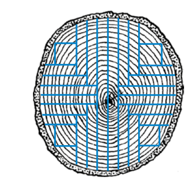


Figure 20.2 Débit sur quartier

Autres types de débit

Le débit cantibey : la majorité des planches sont sur dosse (risque de déformation). Ce débit permet de supprimer le cœur de la grume, zone de nombreux défauts potentiels.

Le débit hollandais : la majorité des planches sont sur quartier. Ce type de débit est relativement peu utilisé.

Le débit sur mailles : le sciage est parfaitement sur quartier. Il donne les produits les plus beaux et les plus stables, mais il est difficile à exécuter et provoque beaucoup de déchets ; il est donc très coûteux.

Le débit avivé

Ce débit consiste à scier les quatre faces de la planche afin qu'elles soient parallèles et perpendiculaires les unes aux autres tout en supprimant les défauts de la planche (flache et aubier).

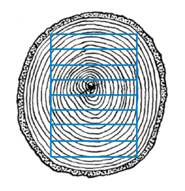


Figure 20.3 Débit sur dosse

Le débit sur dosse

Très utilisé pour les résineux, son inconvénient est qu'il occasionne beaucoup de perte de bois. La section des pièces débitées respecte les normes des bois avivés (généralement destinés à la charpente : bastaings, chevrons...).

Le débit sur noyau

Ce débit est utilisé pour les billes de grands diamètres. Il est également appelé débit quartelot. Les grumes de très grands diamètres peuvent avoir plusieurs noyaux.

Figure 20.4 Débit sur noyau

Le débit petit bois

Il est utilisé pour les résineux ayant un diamètre d'environ 25 cm.

Les épaisseurs commerciales

Tableau 20.1 Épaisseurs commerciales des bois débités en plot

Appellation	Feuillet	Planches			Plateaux		
Dimensions en mm	18	27	34	41	54	65	80

Les épaisseurs normalisées

Les normes **B 53-001 à B 53-014** ont fixé des dimensions de débit en millimètres : 8, 10, 12, 15, 18, 22, 26, 30, 35, 40, 45, 55, 65, 75, 90, 105 et 120.

Dimensions des avivés

suivant les régions, les sections (longueurs et épaisseurs) des avivés sont très variables.

Tableau 20.2 Sections commerciales des bois débités en avivé

Appellation	Dimensions en mm	Appellation	Dimensions en mm
Liteau	18 × 18 à 40 × 40	Madrier	225 × 75 à 230 × 110
Lambourde	63 × 38	Poutre	150 × 150 ou 200 × 200
Chevron	63 × 75 à 50 × 100	Volige	12 × 105
Solive	75 × 100	Planche	27 × 180
Bastaing	50 × 150 à 63 × 175	Lorraine	27 × 305 à 34 × 320

21. CLASSIFICATION QUALITATIVE DU BOIS

Les altérations d'aspect et biologiques

Le classement des bois européens repose sur des critères visuels de la qualité des quatre faces de la pièce. Les défauts pris en compte, dans ce classement, sont liés aux altérations d'aspect visuel et biologique du bois.

1. **Les nœuds** : on considère leur taille (celle retenue est la moyenne de tous les nœuds) et s'ils sont sains et adhérents au bois.
2. **Le flache** : lorsque la pièce a été débitée sur le bord de la grume, il peut rester une portion visible de la surface ronde de l'arbre. Le critère sera sa longueur et sa largeur.
3. **Les gerces et les fentes** : leur taille et leur nombre sont pris en compte.
4. **Les poches de résine** : ce sont des cavités allongées qui contiennent de la résine. Leurs longueurs sont prises en compte.
5. **Le fil du bois** : direction de la fibre par rapport à la pièce.
6. **Les champignons** : altérations dues au bleuissement ou à l'échauffure qui influe sur la résistance mécanique du bois.
7. **Les insectes** : dégâts provoqués par les insectes, trous et galeries creusés par des insectes ou leurs larves.

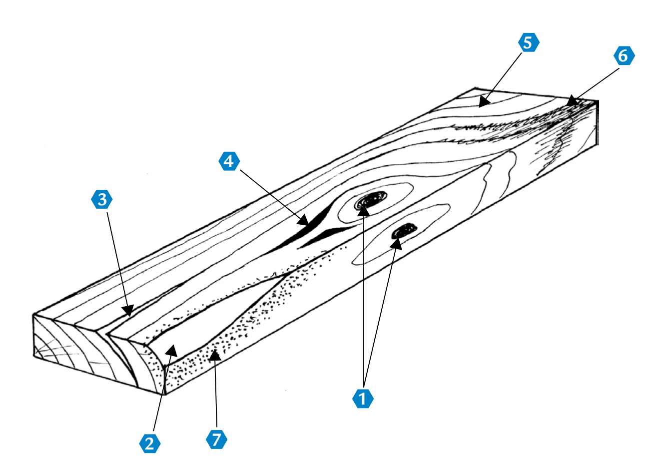


Figure 21.1

Les différents choix

Selon qu'il s'agit d'un feuillu ou un résineux, les classifications des choix sont différentes. Ils sont numérotés de 0 à 4 (0 étant le meilleur classement) et sont repérés par le préfixe G2 ou G4, qui indique que les nœuds ont été pris en compte sur deux faces (G2) ou quatre (G4).

Tableau 21.1 Classement qualitatif des bois par choix

Choix	Nœuds	Altérations d'aspect et biologiques	Emploi
Choix 0 (G2 ou G4)	Choix 0A : aucun nœud. Choix 0B : nœuds d'un diamètre inférieur à 20 mm.	Aucune.	Menuiserie et ameublement.
Choix 1 (G2 ou G4)	Nœuds d'un diamètre inférieur à 30 mm.	Aucune altération biologique. Altération d'aspect réduite en nombre et en taille.	
Choix 2 (G2 ou G4)	Nœuds d'un diamètre inférieur à 45 mm.	Aucune altération biologique. Altération d'aspect moyenne en nombre et en taille.	Charpente traditionnelle.
Choix 3 (G2 ou G4)	Nœuds non limités en taille et potentiellement non adhérents.	Toutes les altérations biologiques et d'aspect sont autorisées, mais limitées en taille.	
Choix 4 (G2 ou G4)	Nœuds non limités en taille et potentiellement non adhérents.	Toutes les altérations biologiques et d'aspect sont autorisées sans limite.	

Le classement structurel

C'est une classification principalement destinée aux résineux, qui permet de déterminer la résistance mécanique des bois.

Le classement visuel de la structure du bois est défini en cinq choix (**NF B 52-001**) : ST-I, ST-II, ST-III, ST-IV, HST1 ou choix 2, 3.

Le classement structurel prend principalement en compte la largeur des cernes du bois et la taille des nœuds.

Un classement de la résistance mécanique (**NF EN 338**) est utilisé pour le choix du bois de charpente. Les appellations sont : **C30, C24 et C18**.

- **ST-I** : la meilleure qualité structurelle, correspondant à la classe **C30**. Elle peut être préconisée pour la charpente en lamellé-collé.
- **ST-II** : correspond à la classe **C24**, pour charpente traditionnelle, industrielle, en lamellé-collé et ossature bois.
- **ST-III** : la plus faible en résistance, correspondant à la classe **C18**. Elle peut être préconisée pour la charpente traditionnelle et ossature bois.

22. DÉBIT D'ATELIER

Le débit du bois massif

La première étape consiste à repérer les défauts liés aux altérations d'aspect visuel, mécaniques et biologiques du bois dans les planches brutes de scierie. Un repérage de ces défauts avant le traçage permet de les éviter.

1 On éliminera les défauts tels que :

- les nœuds de grande taille ou provoquant un défaut de surface. Vérifier s'ils sont adhérents ou non ;
- les fentes et les gerces en bout de planche ;
- l'aubier ;
- les poches de résine ;
- les altérations dues aux champignons ;
- les dégâts provoqués par les insectes.

La deuxième étape consiste à tracer les pièces, à l'aide de la feuille de débit, avec une majoration appelée « surcote » afin d'anticiper la perte de matière durant le corroyage (le rabotage des quatre faces d'une pièce). **Les surcotes sont :**

- de 5 à 12 mm en largeur ;
- de 20 à 40 mm en longueur ;
- de 3 mm au minimum en épaisseur : c'est la différence entre l'épaisseur de la planche brute et la dimension finie.

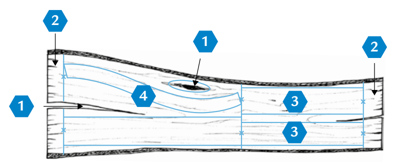


Figure 22.1

Points particuliers

2 **Aux extrémités de la planche**, une coupe perpendiculaire doit être tracée et réalisée afin de supprimer les corps étrangers et les dispositifs de maintien qui y sont incrustés (sable, terre, graviers, agrafes, clous…).

3 **Si la planche n'est pas assez large** pour réaliser la pièce, il faudra alors prévoir une autre pièce pour pouvoir l'élargir par un collage.

4 **Pour les pièces cintrées,** un gabarit doit être réalisé.

Pour les pièces trop courtes ou trop faibles en largeur, on débite des pièces plus longues ou plus larges dans lesquelles sont intégrées plusieurs pièces côte à côte.

23. CORROYAGE DES PIÈCES

Le corroyage consiste à rendre toutes les faces d'une pièce de bois massif rectilignes. Ces faces sont parallèles ou perpendiculaires entre elles. Cette opération s'effectue juste après le débit.

Les étapes du corroyage sont décrites ci-dessous.

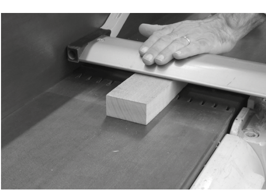
Avec la dégauchisseuse :

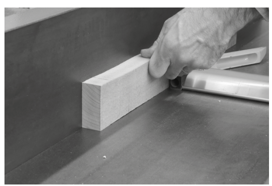
- Étape 1 : **dégauchir le plat** (SR1 : surface de référence).
- Étape 2 : **dégauchir le chant** (SR2).

Avec la raboteuse :

- Étape 3 : **raboter le chant**, parallèle au 1er chant (SR2).
- Étape 4 : **raboter le plat**, parallèle au 1er plat (SR1).

Une machine-outil appelée **corroyeuse** réalise ces quatre étapes en un seul passage.







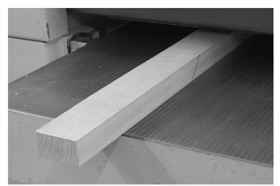


Figure 23.1

Les surfaces de référence

On distingue trois surfaces de référence (SR) :

1 SR1 : le **plat**, appelé également **parement**.

2 SR2 : le **chant**.

3 SR3 : le **bout**.

Ces surfaces de référence serviront tout au long des phases d'usinage et de montage, on parle de **référentiel pièce**. Le choix du **parement** (SR1) se fait sur des critères esthétiques et mécaniques. Pour des raisons d'usinage, ces référentiels peuvent être changés temporairement.

On parle alors de **référentiel machine** ou de **référentiel montage**.

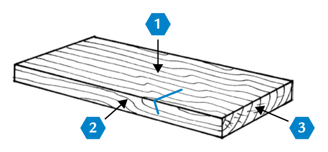


Figure 23.2

24. SIGNES D'ÉTABLISSEMENT

Les signes d'établissement sont des **symboles conventionnels** qui permettent de retrouver la position de chacune des pièces dans l'ensemble de l'ouvrage. Ils se font après le corroyage (dégauchissage et rabotage) et avant le traçage des assemblages et des usinages. Ils se tracent sur le parement des pièces, au crayon de couleur, les plus visibles possible.

Exemple :

1. Le « montant gauche »
2. Le « montant droit »
3. Le « montant intermédiaire haut »
4. Le « montant intermédiaire bas »
5. La « traverse haute »
6. La « traverse intermédiaire »
7. La « traverse basse »

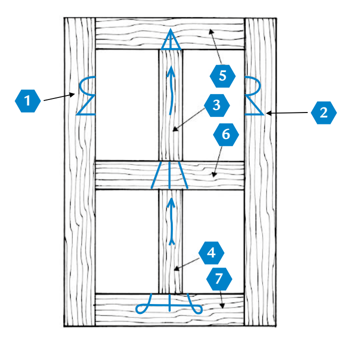


Figure 24.1 Établissement d'un châssis

Les panneaux

Lors de la réalisation d'un panneau en bois massif nécessitant le collage de plusieurs pièces entre elles, le signe est reconstitué quand on assemble les pièces dans les bonnes positions.

Établissement de l'ensemble d'un ouvrage

Dans un ouvrage complet, les signes sont identiques sur plusieurs faces ou plusieurs sous-ensembles (les portes ou les tiroirs). Pour les différencier, chaque face (ou chaque sous-ensemble) est repérée par une lettre (G ou D, pour gauche ou droite) ou par un numéro différent.

Sur un tiroir

Le tracé s'effectue sur le chant des pièces. La façade est considérée comme le bas du tiroir.

Travail en série ou industriel

L'établissement des pièces n'est pas effectué par souci de gain de temps. Seul le repérage du parement par une croix est utilisé.

PARTIE D

LE PLACAGE

Depuis l'Antiquité, l'ameublement a toujours été un support d'expression artistique. Suivant les tendances de chaque époque les choix de formes, de décors de surface, d'essences de bois et de produits dérivés ont varié.

À travers les siècles, l'avancée des techniques et des sciences a permis de mettre en œuvre de nouveaux matériaux (panneaux dérivés, métaux), de nouveaux produits de plus en plus performants (vernis, colles) et d'obtenir des ouvrages autrefois irréalisables (lamellé-collé).

Une prouesse technique sera à l'origine de l'apparition du métier d'ébéniste. Au XVe siècle, époque de la Renaissance, on commence à travailler un bois rare et très coûteux importé d'Afrique : l'ébène. Très vite, une technique se développe pour économiser cette essence. Elle consiste à découper une fine épaisseur d'ébène pour la coller sur un bois d'origine européenne (le chêne). Un nouveau métier apparaît ainsi, « menuisier en ébène », qui devient à partir du XVIIIe siècle « ébéniste ». D'autres matériaux seront associés au bois comme des métaux, des pierres semi-précieuses, de la nacre, de l'écaille de tortue, de l'ivoire, de la paille, du galuchat…

La technique du placage, propre à l'ébéniste, a ouvert d'infinies possibilités au niveau du décor de surface du mobilier. À chaque période de renouveau des arts décoratifs, de nombreux artisans se sont servis de cette technique pour exprimer leur art.

25. DÉBIT DU PLACAGE

Jusqu'au XIXe siècle, le placage était obtenu par sciage à la main. Il y avait une irrégularité dans l'épaisseur des feuilles et celles-ci présentaient des aspérités. Les placages avaient entre 1 et 5 mm d'épaisseur.

Au XVIIIe siècle est apparue la technique du sciage avec la scie alternative au bois montant puis, à partir de 1865, celle du tranchage. Les trancheuses permettent d'obtenir un placage à prix plus faible, et donc une plus large utilisation.

Le placage scié

Le sciage est mécanique avec un système dit « au bois montant » : une lame de scie est fixée sur un cadre, qui est actionné horizontalement par une billette. Les feuilles de placage sont découpées par une lame de scie. Le sciage est **lent** et occasionne une **perte de bois** entre chaque feuille.

Tableau 25.1 Avantages et inconvénient du placage scié

Avantages	Placages de très grande qualité ; couleurs et textures identiques à celles du bois massif. Fortes épaisseurs : 12/10e de mm. Placage identique à celui des meubles anciens, idéal pour la restauration.
Inconvénient	Prix très élevés (entre 5 et 10 fois plus cher que le placage tranché).

Le placage tranché

Les feuilles de placage sont découpées par un couteau qui tranche la bille en travers de la fibre. La bille de bois doit être **ramollie par étuvage** pour faciliter la coupe de la lame.

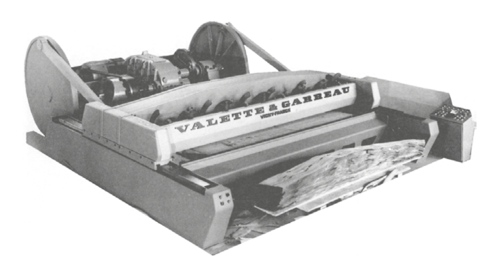


Figure 25.1 Trancheuse à placage

Tableau 25.2 Avantages et inconvénients du placage tranché

Avantages	Prix attractif. Grand choix d'essence disponible et en quantité. **Large choix d'épaisseur** ; les épaisseurs courantes sont de 6/10 et 9/10e de mm. Aussi disponible en 12/10e, 15/10e, 20/10e et 30/10e de mm pour certaines essences (chêne, frêne, sapelli, samba, tulipier...). Grande longueur des feuilles de placage : jusqu'à 4,2 m. Le tranchage donne des feuilles successives dont le décalage des veinages est nul.
Inconvénients	Couleur du bois altérée par l'étuvage de la bille avant le tranchage. Fibre du bois également dégradée par l'étuvage.

Le placage déroulé

La bille est placée horizontalement entre deux axes. Le mouvement de rotation de la bille est synchronisé avec l'avancement d'un couteau, qui tranche la bille transversalement. Le placage est alors un **long ruban discontinu**.

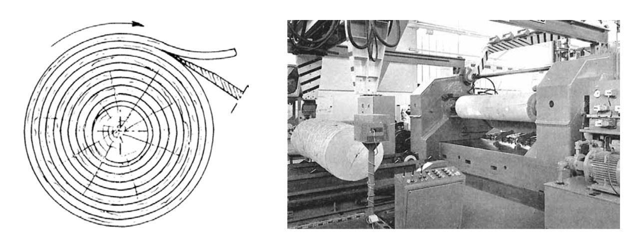


Figure 25.2 Dérouleuse à placage

Le déroulage continu est essentiellement utilisé pour l'obtention des feuilles de grandes dimensions, servant à la confection des contreplaqués et des lattés.

Tableau 25.3 Avantages et inconvénients du placage déroulé

Avantages	Prix très bas. Les épaisseurs des feuilles vont de 5/10e à 50/10e de mm. Obtention de très grandes dimensions.
Inconvénients	Couleur et fibre du bois altérées par l'étuvage de la bille. Faible intérêt esthétique pour les formes de veinage obtenu. Rarement proposé à la vente.

26. DIFFÉRENTS MOTIFS DE PLACAGE

Principe

Les motifs de marqueterie sont faits par des raccords rectilignes entre les feuilles de placage. Lorsqu'elles sont en courbe le placage est alors découpé et monté par un marqueteur.

Les feuilles de placage sont tranchées (ou sciées) successivement dans la même bille de bois. Elles ont donc des dessins de veinage similaires et qui se suivent d'une feuille à l'autre.

Le principe décoratif d'un frisage est de raccorder les veinages des feuilles pour obtenir des symétries entre les feuilles par rapport à l'axe du joint. Pour ce faire, une feuille est mise sur sa face – le parement – et l'autre à l'envers – le contre-parement.

Motifs de frisage

Tableau 26.1 Différents frisages de base

Appellation des frisages	Motif	Description
Au développé		Les feuilles sont positionnées côte à côte avec la même face visible (en parement) et dans l'ordre de numérotation.
Au raccord		Les feuilles de placage sont ouvertes, c'est-à-dire qu'une feuille sur deux est retournée et sa face visible est alors le contre-parement. Cela permet de créer un motif symétrique avec un raccord des fils du bois entre les feuilles.

Appellation des frisages	Motif	Description
Au carré ou losange		Les joints entre les feuilles passent par les axes du frisage. L'orientation du veinage est de 45° et forme un carré. Si cette orientation est de 30°, le frisage devient « un frisage en losange ». Méthode : voir tableau 29.1.
En fougère		Même principe que le motif en carré, sauf que le veinage est orienté vers le centre du frisage. Méthode : voir tableau 29.1.
En pointe de diamant		Les joints entre les feuilles passent par les diagonales du frisage. L'orientation du veinage est parallèle au côté du frisage.
En croix		Même principe que le motif en pointe de diamant, sauf que le veinage est orienté vers le centre du frisage.
En damier		Alternance de deux essences de bois au format carré. Méthode : voir tableau 29.2. Une variante consiste à orienter les fibres du bois différemment d'une case a l'autre et dans la même essence.
En losange		Alternance de losanges avec une orientation de veinage différente. Les losanges ont un angle de 60°.
En chevrons		Alternance de bande de placage avec le veinage orienté entre 45° et 30°.
En soleil		Surface divisée suivant des droites rayonnant depuis le centre du frisage. Les feuilles de placages sont en forme de triangle et utilisées par un multiple de 8.

27. MÉTHODE DE COUPE ET DE JOINTAGE

Technique de coupe manuelle du placage

La coupe du placage se réalise en faisant glisser la scie à placage le long d'une règle en bois. Une planche « martyre » sert à protéger l'établi et à préserver l'affûtage de la denture de la scie. La règle est maintenue à la main, ou avec un ou deux serre-joints.

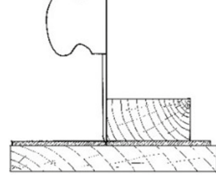



Figure 27.1 Coupe à la scie et à la règle à placage

Le biseau de la denture est situé vers l'extérieur par rapport à la règle. Ce biseau provoque une **coupe inclinée du chant du placage**. Seule la partie du placage située sous la règle est parfaitement droite. On mettra donc la partie à conserver sous la règle.



CONSEIL

Il est déconseillé d'utiliser une lame de type cutter. Ce type de lame est trop souple pour suivre convenablement la règle car elle aura tendance à s'en détourner en suivant la fibre du bois. De plus elle dispose d'un double biseau, ce qui provoquera une pente sur le chant du placage.

Technique d'ajustage du placage

Pour obtenir un chant parfaitement **rectiligne et sans éclats**, le placage est maintenu entre deux règles superposées. Il dépasse légèrement des règles. La varlope est posée sur son côté et glisse le long des règles.

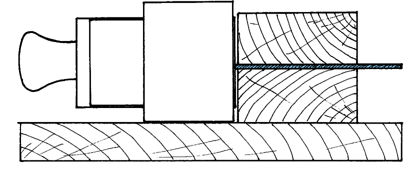



Figure 27.2 Ajustage des chants à la varlope

Une technique similaire peut être utilisée avec la dégauchisseuse ou la raboteuse : on constitue un bloc avec deux règles autour de plusieurs feuilles de placage, et l'ensemble est serré par deux boulons le traversant.

Coupe au massicot

Le massicot possède une grande lame avec un seul biseau. La lame descend et tranche le bois. Suivant les essences de bois, l'état de surface du chant n'est pas toujours satisfaisant.

Coupe à la scie circulaire

La scie circulaire doit disposer d'une lame adaptée et d'un plateau coulissant parallèlement à la lame. Le placage est maintenu en place sous une règle par un serrage vertical sur le plateau.

Coupe au laser

La machine est munie d'un faisceau laser capable de couper tous les matériaux, dont le bois. Elle est pilotée par un ordinateur qui programme le déplacement du laser sur deux axes. Le logiciel traduit le dessin en trajectoire à suivre pour la découpe (droite ou en courbe).



Figure 27.3 Machine à découpe laser

Suivant le réglage de la puissance du laser, il peut soit juste graver le bois soit le découper totalement (jusqu'à 20 mm d'épaisseur).

Les dimensions intérieures de la machine sont très limitées. Son principal inconvénient reste la chaleur du laser qui noircit le chant du placage.

Jointage du placage

Les placages sont assemblés par un papier gommé. C'est une bande de papier (blanc ou kraft) de 15, 20 ou 25 mm de largeur, commercialisé en rouleaux. Une face du papier est préencollée avec une colle soluble à l'eau. Avant d'appliquer la bande sur le joint du raccord (entre les feuilles), il faut humidifier la face préencollée. Il est conseillé de brosser la bande.

Une machine spécifique appelée « jointeuse » permet l'assemblage des feuilles de placage. Elle serre les feuilles de placage et dépose un fil (collant) en zigzag autour du joint.

28. MÉTHODE DE COLLAGE DU PLACAGE

Maintien du placage

Les frisages sont des motifs qui ont une position précise sur leurs supports. Pendant le collage, le placage risque de glisser sur la colle et se décaler.

Les taquets sont des petites cales de bois collées sur le pourtour du placage. Ils prennent appui sur les chants du panneau.

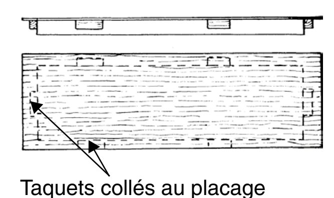


Figure 28.1 Maintien par taquets

Collage d'un placage sur un panneau

Privilégier la colle vinylique pour coller du placage, et l'appliquer uniquement sur le panneau. Coller en même temps le placage du contre-parement, afin d'éviter toute déformation ultérieure.

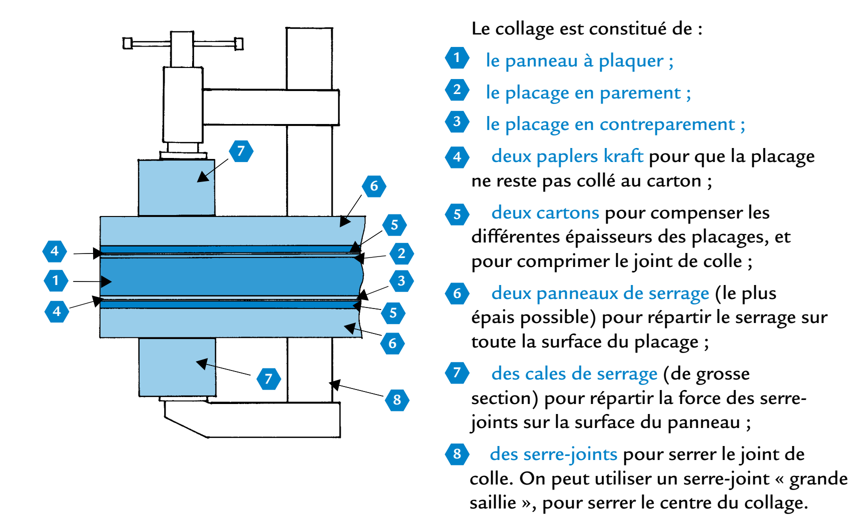


Figure 28.2 Principe de collage d'un placage

Les serre-joints peuvent être remplacés par un **châssis à plaquer**, une **presse hydraulique** ou encore une **poche sous vide d'air**.

29. RÉALISATION D'UN FRISAGE

Frisage en losange avec frise



Tableau 29.1 Étapes de fabrication d'un frisage en losange

Croquis par étapes	Description pas à pas
	Débiter quatre feuilles de placage (superposées) dans le paquet. Faire deux coupes à 30° avec une surcote (angle à 45° pour un frisage en carré).
	Recouper les quatre bandes (superposées) à 90° aux deux extrémités avec une surcote.
	Aligner les veinages et recouper le grand côté du paquet (les quatre feuilles en même temps).
	Déplier le paquet en positionnant les feuilles en parement et contre-parement. Fixer les deux grands côtés avec du papier gommé. Attention à bien raccorder les veinages. Recouper les deux petits côtés à 90°, par rapport aux joints déjà fixés.
	Fixer les deux petits côtés ensemble en vérifiant le raccord du veinage pour obtenir un frisage en fougère ; raccorder les deux parties assemblées par les autres petits côtés. Recouper les quatre côtés extérieurs en traçant des parallèles aux axes des joints.

Croquis par étapes	Description pas à pas
	Débiter dans deux feuilles de placage successives, en tenant compte de la position de chaque pièce. Les pièces sont coupées à 45° aux extrémités, deux pièces seront retournées en contre-parement (CP). Recouper les chants intérieurs. Réajuster les coupes d'onglet (45°) en assemblant les bandes autour du frisage.

Frisage en damier



Tableau 29.2 Étapes de fabrication d'un frisage en damier

Croquis par étapes	Description pas à pas
	Préparation de la règle calibrée : sa largeur doit être identique aux dimensions des cases du damier. À l'aide de la règle, découper des bandes de placage dans un bois clair et un foncé. Les bandes de placage doivent être calibrées à la largeur de la règle. Pour cela, il est nécessaire de faire les deux coupes sans déplacer la règle.
	Fixer alternativement une bande claire et une bande foncée à l'aide de papier gommé.
	À l'aide de la même règle calibrée, redécouper des bandes perpendiculaires au paquet de placage, toujours en réalisant les deux coupes simultanément de chaque côté de la règle.
	Assembler les bandes découpées en les décalant d'une case. Les cases situées à l'extrémité des bandes seront détachées puis éventuellement repositionnées dans les parties manquantes.

PARTIE E

LES PRODUITS ET LEURS MISES EN ŒUVRE

Le travail du bois et de ses dérivés a toujours nécessité l'apport de produits, que ce soit pour sa fabrication ou pour protéger et embellir sa surface.

La colle a pour fonction de maintenir en contact deux pièces de bois de façon durable.

Elle est utilisée seule ou en complément d'un assemblage. La colle devra résister aux efforts physiques et/ou mécaniques auxquels les pièces seront soumises.

Sa mise en œuvre permet un montage durable de l'ouvrage. Le collage est une étape délicate et importante de la fabrication, car il est généralement irréversible.

Les produits de finition ont de multiples fonctions :

- Ils protègent le bois des éléments liquides (eau, produits ménagers, huile...), solides (rayures, chocs légers) et même des rayons solaires (UV).
- Ils embellissent le bois en rehaussant les teintes naturelles et en mettant en valeur leurs veinages.

La finition d'un ouvrage est une étape indispensable de la fabrication. Elle passe impérativement par un ponçage du bois et parfois par une mise en teinte. Les produits existent sous forme de cires, d'huiles et de vernis naturels ou synthétiques.

30. DIFFÉRENTES COLLES

Tableau 30.1 Types de colles et usages

Appellation	Emplois	Avantages	Inconvénients
Colle forte	Intérieur. Ébénisterie. Placage et bois massif.	Facilement réversible. Accepte les joints épais. Utilisée en restauration pour respecter l'éthique des meubles anciens.	Applicable à l'état chaud. Faible résistance à l'humidité. Sensible aux attaques biologiques.
Colle de poisson	Intérieur. Ébénisterie. Placage et bois massif.	Très bonne tenue sur les bois et les métaux.	Séchage long. Prix élevé. Sensible aux attaques biologiques.
Colle vinylique	Intérieur et extérieur sous abri. Assemblages bois massif, panneaux dérivés, stratifié et placage.	Prête à l'emploi et grande facilité de mise en œuvre. Différentes variétés en temps de séchage et en résistance à l'humidité. Nettoyage facile. Réversible.	Attention aux déformations sous charge. Résistance limitée en extérieur non abrité.
Colle polyuréthane	Intérieur et extérieur. Assemblages bois massif, dérivés, stratifié.	Excellente résistance à l'humidité. Bonne imprégnation et très bonne tenue dans le bois.	Collage irréversible. Tache le bois avec un effet « moussant ».
Colle urée-formol et colle résorcine	Charpentes lamellées-collées. Fabrication de panneaux dérivés.	Excellente résistance à l'humidité. Très bonne résistance, mécanique et chimique. Temps de séchage rapide.	Tenue limitée aux Intempéries (urée-formol). Joint de couleur foncée (résorcine). Très abrasive pour les outils. Colle à bi-composant.
Colle néoprène	Stratifiés.	Collage rapide dit « contact », avec ou sans moyen de serrage.	Collage irréversible. Tenue moyenne à l'humidité, à la chaleur et à la déformation.
Colle thermofusible	Plaqueuse de chant.	Réversible. Existe sur chant préencollé.	Faible résistance à l'humidité et à la chaleur.

31. CHOIX D'UNE COLLE

Chaque colle est employée en fonction de ses spécificités techniques et de la destination de l'ouvrage. Faire un choix demande donc de tenir compte de plusieurs paramètres.

Selon les caractéristiques du bois

Il faut tenir compte de la particularité de certains bois :

- **Les bois cémentés, durs et denses** ont une fibre compacte avec un pore très fermé, entraînant une mauvaise imprégnation de la colle.
- **Les bois carbonisés en surface** lors de l'usinage, entraînent des difficultés d'adhérence.
- **Les bois naturellement gras** peuvent être dégraissés (avec des solvants) avant le collage.
- **Les bois acides** influencent le temps de séchage de la colle.
- **Les bois très poreux** absorbent très facilement la colle ; il convient d'utiliser une colle très visqueuse et/ou d'effectuer un double encollage des surfaces.
- **Les bois contenant de la résine** ou des poches de résine, comme le pin ou le sapin, peuvent être séchés à plus 70 °C avant d'être collés à la résorcine.
- **Les bois traités** : en fonction du traitement (de surface, par trempage, par autoclave) contre les risques biologiques, il faut choisir un type de colle (vinylique, urée-formol ou résorcine).

Les bois durs ou carbonisés devront être poncés et on augmentera la pression lors du collage. Avant le collage, on vérifiera que le bois est parfaitement plan, propre et dépoussiéré.

Selon le type de collage

On distingue trois types de collage :

- **les collages structurels**, pour obtenir des matériaux dérivés du bois et des pièces lamellées-collées ;
- **les collages semi-structurels**, pour maintenir en contact des pièces d'un ouvrage (plat joint et assemblages) ;
- **les collages non structurels**, pour la mise en œuvre des produits ne constituant pas la structure de l'ouvrage (placage, stratifié).

Selon la résistance mécanique

Les joints de colle sont soumis à des efforts de cisaillement, de traction et aux tensions dues aux variations d'humidité. Ils peuvent se dégrader lorsqu'ils sont soumis aux agents chimiques, au vieillissement, aux microorganismes et au feu.

Les colles n'ont pas le pouvoir de combler les espaces entre deux pièces. La qualité de l'assemblage et du serrage sera un critère déterminant pour une bonne résistance mécanique.

Selon le mode de séchage

Suivant les conditions environnementales, le choix peut se faire en tenant compte des trois principes d'adhésion des colles : par refroidissement, par évaporation des solvants ou par réaction chimique.

Selon les temps d'application, de pressage et de séchage

Pour des raisons de productivité ou pour disposer de suffisamment de temps au moment du collage, il est primordial de se référer aux notices des colles fournies par les fabricants, qui indiquent le laps de temps dont on dispose pour appliquer la colle et mettre en contact les pièces (temps d'assemblage ouvert), pour mettre sous pression (temps d'assemblage fermé), le temps de pressage et enfin le temps de stabilisation complète de la colle. Ils sont donnés à une température de référence de 20 °C.

Pour la colle néoprène, on dispose d'un temps de gommage qui correspond au temps nécessaire à l'évaporation des solvants avant la mise en contact.

Selon les conditions climatiques d'utilisation

Il faut s'appuyer sur la notice de la colle employée, pour respecter les conditions de température et d'hygrométrie, avant sa mise en œuvre.

Selon le mode de serrage

Le choix de la colle doit tenir compte de l'équipement (serre-joints, presse) dont on dispose pour faire le serrage. Sur la notice sont également indiquées la force de serrage nécessaire et, parfois, l'épaisseur du joint de colle. La colle forte, la colle néoprène et la colle thermofusible ne nécessitent pas de matériel de serrage mais un outillage manuel spécifique.

Autres

- Selon sa **résistance à l'humidité et à l'eau**.
- Selon son **mode de conservation** et sa **durée de vie**.
- Selon son **prix de revient**.



La colle vinylique reste la colle la plus utilisée pour les ouvrages d'intérieur, car sa mise en œuvre est facile et elle a un bon pouvoir collant.

32. COLLAGE

Le collage est une étape décisive lors de la fabrication. S'il est mal réalisé, la qualité de l'ouvrage en sera affectée de manière irréversible. Avant d'appliquer la colle, il faut vérifier les pièces et préparer le matériel.

Vérification des pièces

Les surfaces où la colle sera étalée doivent rester propres, sèches, dépoussiérées et sans traces d'aucune finition. Par précaution, pour les ouvrages dont le collage risque d'être délicat, il est fortement conseillé de le simuler (sans colle) : on appelle cela un serrage à blanc.

Préparation du matériel et de la colle

- Les **serre-joints** : pour comprimer le joint de colle.
- Les **cales de serrage** : pour répartir la force de serrage afin de ne pas marquer le bois de l'empreinte du serre-joint.
- Un **pinceau** ou une **spatule crantée** : pour étaler la colle.
- Une **équerre**, un **mètre** ou une **pige** : pour contrôler l'équerrage et la géométrie.
- Une **éponge humide** : pour nettoyer les excès de colle.
- Du **papier** : pour protéger les cales et l'établi des coulures de colle.
- La **colle** : vérifier si elle nécessite une préparation et s'assurer que les conditions d'utilisation sont respectées (température, hygrométrie).

L'encollage

Pour que la colle s'imprègne bien dans la fibre du bois, les organes de serrage doivent être positionnés **le plus rapidement possible**. Il est donc indispensable de **préparer tous les éléments avant l'encollage**.

La colle est posée au pinceau pour les assemblages, ou avec une spatule crantée pour les placages et les stratifiés. L'encollage se fait **sur une seule face**, sauf pour les bois et les panneaux très poreux qui nécessitent d'effectuer un double encollage (encoller les deux surfaces d'un même joint).

Le serrage de l'ouvrage

Il faut toujours mettre **une cale de serrage** entre le serre-joint et le bois, et contrôler qu'elle ne risque pas de rester collée sur la pièce, en vérifiant l'absence de colle ou en mettant un papier entre les deux. Le serrage doit être maintenu jusqu'à la prise complète de la colle.

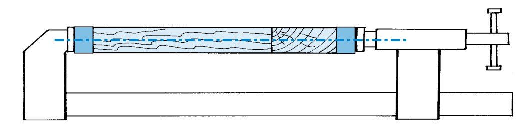


Figure 32.1 Centrage de l'axe de serrage

Il est indispensable que le serre-joint soit centré dans l'épaisseur et la largeur (dans l'axe) de la pièce.

Attention, le serre-joint doit être en face d'une pièce, sinon celle-ci se cintre et se déforme.

Vérification du collage

Vérification du dévers

Si le serre-joint n'est pas au milieu de l'épaisseur, la pièce risque de pivoter sur son chant, on dit alors qu'elle **déverse**.

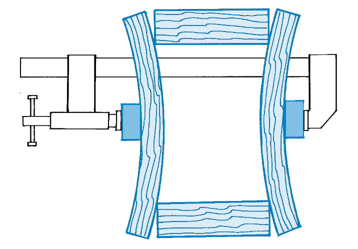


Figure 32.2 Mauvais serrage

Vérification de l'équerrage

Si le serre-joint n'est pas dans l'axe de la pièce, l'ensemble se déplace et les angles changent. Pour vérifier ce paramètre, il faut mesurer les diagonales avec une **pige** (baguette de bois), un **mètre** ou un **compas**.

Les distances A et B doivent être identiques.

Pour corriger le défaut, il faut déplacer les serre-joints dans le sens de la plus grande diagonale (A).

On peut utiliser une **équerre** pour les petites pièces ou dans le cas où l'on ne peut pas comparer les diagonales.

On peut encore utiliser un **gabarit** qui servira de modèle, notamment pour des angles et des formes particuliers.

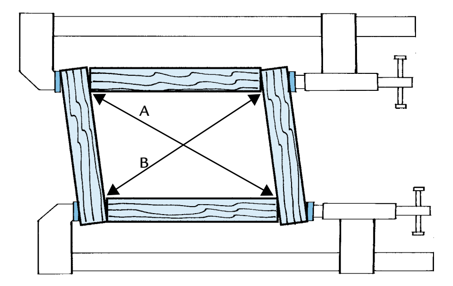


Figure 32.3 Vérification de l'équerrage

Vérification de la planéité

Vérifier le vrillage de l'ouvrage à l'œil nu en prolongeant le regard sur deux pièces opposées et en observant si elles sont bien parallèles.

Après toutes les vérifications, on n'oublie surtout pas de **nettoyer les coulures et les traces de colle** avant son séchage.

33. COLLAGES PARTICULIERS

Les ouvrages peuvent être de formes très diverses. Pour réaliser leurs collages, il faut adapter les cales de serrage à la forme des pièces.

Les cales de forme

Pour concevoir les cales de forme, les règles sont :

1. La surface de la cale où s'appuie le serre-joint doit être **plane et perpendiculaire à l'axe du serre-joint** pour éviter son glissement.
2. La surface de la cale en contact avec la pièce doit **suivre la forme** afin de ne pas la marquer.
3. La cale doit permettre que l'axe du serre-joint passe par **le milieu de la surface** en contact entre les deux pièces.

Les cales épousent la forme de la pièce et possèdent un rebord qui leur évite de glisser. Il faut équilibrer les forces du serrage dans les deux axes.

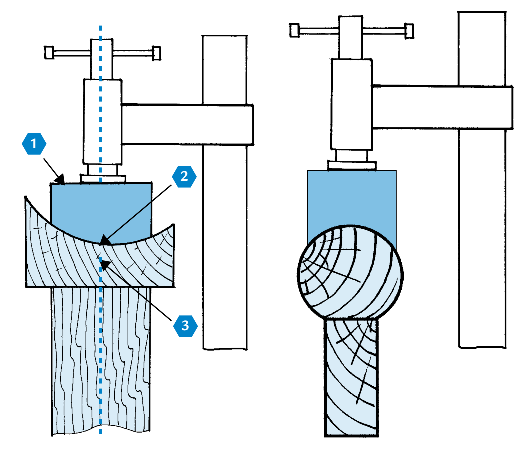


Figure 33.1 Cales de forme ronde

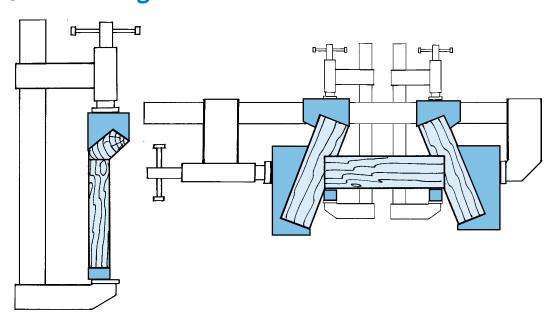


Figure 33.2 Cales de forme avec rebord

À NOTER

Pour les pièces cintrées le serrage peut être réalisé avec une sangle ou un feuillard (bande métallique). Ce système ne nécessite pas de cale de forme.

34. ABRASIFS

La finition d'un ouvrage passe impérativement par un ponçage du bois. Ce ponçage permet d'éliminer tous les défauts de surface tels que les ondes d'usinage, les petits éclats, les rayures, les traces de crayon, etc.

Composition d' un abrasif

Un abrasif est constitué d'un support, d'un grain abrasif et d'un liant qui assure la liaison entre les deux. Suivant l'usage et le rapport qualité/prix recherché, les composants peuvent varier.

Le support

- **En papier** : souple ou rigide, pour la finition manuelle. On désigne le grammage par une lettre, de A (le plus léger) à F.
- **En toile** : souple ou rigide. On désigne l'épaisseur de la toile par une lettre : J (la plus souple), X, Y et W (la plus épaisse).
- **En papier et toile** : ponçage avec machine, très résistant au déchirement.
- **En fibre** : ponçage sur machine, usage intensif et prolongé.

Le grain abrasif

- **Grenat** : utilisation manuelle et prix faible.
- **Corindon** : pierre naturelle la plus dure après le diamant. Cette roche peut être mélangée avec d'autres minéraux pour former l'émeri. Le corindon est utilisé aussi pour le travail du métal, et en meule pour l'affûtage des outils.
- **Oxyde de zirconium :** utilisé pour les abrasifs sur machine.
- **Carbure de silicium** : pour une utilisation intensive.
- **Agrégat :** aggloméré de plusieurs grains différents.

Le liant

- **Colle naturelle** : souple et économique, sensible à l'humidité et à la chaleur.
- **Colle synthétique thermodurcissable** : résiste à l'échauffement d'un travail intensif.
- **Colle composée** de deux couches de colles différentes.

Choix d'un abrasif

Le choix de l'abrasif se fait suivant :

- **la méthode d'utilisation** : manuelle ou adaptée à la machine utilisée (dimensions et forme) ;
- **la qualité des composants** de l'abrasif (grain, support, liant) ;
- **son rapport coût/résistance** à l'usage dans le temps ;
- **la taille du grain abrasif**.

La taille du grain abrasif

Il est déterminant dans le choix, car il conditionne l'état de surface après usage. Pour le travail du bois, chaque taille de grain correspond à une phase de la finition ou à un résultat spécifique recherché.

La numérotation la plus employée pour la taille des grains est celle de l'ISO 6344 ou FEPA (elles sont identiques). Le préfixe « P » correspond au nombre de grains au pouce linéaire. Donc, plus le nombre « P » est grand, plus le grain est petit. Les grains de grande taille permettent de retirer plus rapidement de la matière.

Tableau 33.1 Tailles des grains abrasifs suivant leurs usages

Étape de travail	Nomenclature ISO ou FEPA
Très grossier Enlèvement très important de matière	P24 ; P30 ; P36
Grossier Enlèvement important de matière, rectification de la surface du bois)	P40 ; P50 ; P60 ; P80
Ébauche de finition Rectification des ondes d'usinage, traces d'outils	P100 ; P120
Finition bois brut Rectification des rayures et traces diverses	P150 ; P180 ; P220
Finition sur bois vernis Égrenage du vernis et phase de remplissage	De P240 à P600
Polissage des vernis et laques	P800 et au-delà

Pour une bonne finition, plusieurs étapes sont nécessaires, en utilisant successivement des abrasifs de plus en plus fins. **Le ponçage doit être réalisé dans le sens des fibres du bois.**

35. TEINTES À BOIS

Les teintes sont des produits permettant depuis longtemps de modifier, d'uniformiser ou d'imiter la couleur des bois.

Elles sont composées d'un colorant dissous dans un solvant (eau, alcool, essence de térébenthine ou white spirit). Les colorants peuvent être naturels ou synthétiques.

Les colorants naturels

Colorants d'origine minérale

Ils sont sous forme de poudre, généralement à base d'oxyde métallique : terre de Sienne, extrait de Cassel, d'ocre jaune… Il est possible de mélanger ces poudres entre elles. Elles sont dissoutes dans l'eau, puis appliquées directement sur le bois.

Colorants d'origine végétale soluble à l'eau

- **L'acajoutine** : tanin naturel de teinte rouge variable suivant sa concentration.
- **Le brou de noix** : issu de la cosse verte entourant la noix, sa teinte brune est variable suivant sa concentration.
- **La chicorée** : issue de la racine de la plante, sa teinte va du jaune d'or au brun clair suivant sa concentration.
- **L'extrait de campêche** : teinte rougeâtre.
- **Le bitume de Judée** : pigment organique, dissous dans l'essence de térébenthine ou minérale. Il peut être ajouté à l'encaustique. Il permet d'obtenir un ton de chêne foncé, jusqu'à noir.

Les colorants synthétiques

Ces colorants sont de plus en plus utilisés, pour leurs performances et leur facilité d'emploi. Ils progressent et une large gamme de couleurs permet de répondre à tous les besoins. Ils sont parfois additionnés avec du vernis, des huiles et des encaustiques (les cires).

Teinte à l'alcool

Cette teinte à base métallifère en solution alcoolique est un produit avec une pénétration forte et régulière dans le bois et un séchage rapide, qui ne fait pas lever le pore du bois.

Teinte hydrosoluble

Cette teinte à base d'eau chargée en pigment donne des tons profonds, rehausse la couleur et met en valeur le veinage du bois. C'est un produit facile à uniformiser, à foncer ou à éclaircir.

Les colorations et décolorations chimiques

Avec certaines essences de bois, il est possible de teinter, rehausser ou décolorer le bois par réaction chimique avec son tanin. Ces essences sont essentiellement le chêne, le châtaignier, l'acajou, le palissandre et les arbres fruitiers (merisier, noyer).

Colorations chimiques des bois

- **L'ammoniaque ou alcali** : donne une teinte foncée (gris brun) au chêne et au châtaignier. Utilisé sous forme d'évaporation naturelle en chambre close.
- **Le bichromate ou carbonate de soude** : donne une teinte gris brun au chêne et au châtaignier, accentue les acajous.
- **Le lait de chaux** : unifie et rougit les acajous et les fruitiers.
- **L'acide chlorhydrique ou sulfurique** : accentue les tanins.

Décolorations chimiques des bois

- **Acide oxalique** : appelé couramment **sel d'oseille**, il détruit le tanin du bois et permet de le détacher. À la fin de la décoloration, le bois doit être soigneusement rincé.
- **Eau oxygénée** : la décoloration des bois à l'eau oxygénée est le procédé de blanchiment le plus efficace et le plus utilisé. **Il ne faut jamais utiliser ce procédé par-dessus ou avant un vernis polyuréthane** (réaction chimique).

Les résineux ne se décolorent pas mais se blanchissent à l'eau de javel.

ATTENTION

Certains produits sont très toxiques et corrosifs, tels que les acides, l'eau oxygénée et l'ammoniaque. Il est fortement recommandé :

- d'utiliser des gants, des lunettes de protection, des vêtements et un masque de protection ;
- d'assurer une bonne ventilation du lieu de travail ;
- de stocker ces produits dans un lieu adapté.

36. VERNIS

Le vernis est un produit transparent qui protège le bois en créant un film de surface. On dit qu'il est filmogène. Suivant son type, il protège des UV, des rayures, des chocs, des taches, des produits ménagers, de l'eau, des insectes et des champignons.

Un vernis met en valeur le veinage et rehausse la couleur naturelle du bois. Il sera incolore, teinté, d'aspect ciré, mat, satiné ou brillant.

Composition d' un vernis

Le vernis est un produit liquide, composé :

- d'un **liant** : résine naturelle ou synthétique qui forme la pellicule protectrice du vernis ;
- d'un **solvant** : liquide permettant la dilution du liant (eau, alcool, huile, térébenthine, essence et autres dérivés du pétrole) ;
- d'un **diluant** : liquide parfois identique au solvant. Il permet de contrôler la fluidité du vernis et sert aussi pour le nettoyage des outils. Il s'évapore lors du séchage ;
- d'un **plastifiant** : il donne au vernis sa souplesse et son adhérence au bois.

Vernis naturels

Les gommes et résines d'origine naturelle sont encore utilisées en restauration ou en copie de meuble ancien.

La plus utilisée est la **gomme-laque**, appliquée par la méthode dite « au tampon ». Elle est commercialisée en paillettes ou prête à l'emploi, diluée dans de l'alcool (90°) à vernir. De teinte blonde jusqu'à brune, en passant par des couleurs dites « éléphant », « fine orange » ou « cerise ».

La **matine cellulosique** est à base de gomme-laque et de vernis cellulosique. Elle est plus facile à appliquer et offre une meilleure résistance de la surface.

Vernis synthétiques

Les liants utilisés pour ces vernis sont à base de résine synthétique. Ils ont apparu au XXe siècle. On les améliore sans cesse dans le but de réduire la quantité des solvants organiques (dérivé du pétrole), remplacés par des formes aqueuses (diluant à base d'eau).

Tableau 36.1 Types de vernis suivant leurs usages

Appellation	Caractéristiques	Avantages	Inconvénients
Cellulosique	Mono-composant. Il est le plus ancien vernis synthétique (1920). Avec solvant organique.	Séchage rapide. Pose et retouche faciles.	Faible résistance aux Produits et aux rayures.
Acrylique	Mono-composant. En phase aqueuse. Large choix accessible au grand public.	Application facile. Très faible émission de solvant organique. Nettoyage des outils à l'eau.	Résistance moyenne aux produits d'entretien et chimiques. Faible résistance en l'extérieur.
Polyuréthane ou uréthane	Bi-composant ou mono-composant. Existe en phase aqueuse et solvant organique.	Excellente résistance mécanique et chimique. Bonne souplesse du film. Utilisable en extérieur. Résiste aux UV.	Les formes à base de solvant sont très performantes mais polluantes et nécessitent le port d'un masque respiratoire à cartouche.
Polyester ou époxyde	Bi-composant avec solvant organique.	Donne un aspect brillant, épais, très couvrant et garnissant. Excellente résistance chimique et mécanique.	Fragile aux chocs. Difficile à appliquer. Le mélange ne peut pas être conservé. Aucune souplesse du film, déconseillé en extérieur.
Alkyde	Mono-composant. Parfois associés : alkyde-acrylique et alkyde-uréthane. Existe en phase aqueuse et solvant organique.	Bonne résistance mécanique et chimique. Grande souplesse du film, utilisable en extérieur. Résiste aux UV.	Aspect épais et jaunissant. Vernis coûteux.
Urée-formol	Bi-composant ou mono-composant. Uniquement avec solvant organique.	Vernis très dur. Bonne résistance mécanique et chimique. Prix modéré.	Contient du formaldéhyde et un solvant organique. Application nécessitant le port d'un masque respiratoire à cartouche.

Vernis spécifiques

- **Le vernis de fond**, appelé fond dur ou bouche-pores. C'est une déclinaison du vernis de finition. Il est destiné à remplir les pores du bois et sert de primaire d'accrochage au vernis.
- **Les laques et lasures**, à base des mêmes résines que les vernis, possèdent en plus une charge colorante plus ou moins opacifiante. Les lasures sont conçues pour l'extérieur.
- **Les vitrificateurs** : vernis polyuréthane ou urée-formol, spécifique à l'application sur parquets et escaliers.

37. CIRES ET HUILES DE FINITION

Les cires

Finition traditionnelle des meubles, le cirage préserve l'aspect naturel du bois brut, avec un brillant discret. La cire est un produit fragile, sensible à l'eau ; elle nécessite un entretien régulier. Les cires sont naturelles ou colorées suivant les essences de bois. Elles sont utilisées sous forme de pâte ou liquide (encaustique) par un ajout plus important de solvant.

La cire d'abeille

Cire animale de couleur jaune issue de l'extraction du miel. Elle donne des cires d'excellente qualité. Elle est dissoute dans un solvant naturel, l'essence de térébenthine (toxique et hautement inflammable).

Les cires minérales

L'ozokérite et la paraffine sont des cires minérales à base d'hydrocarbure diluées dans du benzène. Elles sont très bon marché, mais de basse qualité.

Les huiles de finition

L'huile nourrit et protège tous les **bois bruts**. Les bois huilés résistent aux taches et à l'eau. L'huile préserve l'aspect et le toucher naturels du bois, mais elle peut être teintée. C'est un produit qui nécessite un entretien régulier. Elle est utilisée seule ou associée avec d'autres huiles, et peut être vendue mélangée avec une résine synthétique (saturateur).

L'huile de lin

C'est une huile de couleur jaune d'or, tirée des graines du lin cultivé. C'est l'huile naturelle très utilisée dans l'ameublement. Elle doit être associée à un siccatif, sinon elle ne sèche pas et le bois reste gras. Le diluant est l'essence de térébenthine.

L'huile de Tung

L'huile de Tung est une huile naturelle provenant d'une graine d'arbre. Elle a l'avantage de boucher les pores du bois et d'apporter une bonne résistance à l'eau. Elle doit être associée à un siccatif.

38. PRÉPARATION DES SURFACES ET PONÇAGE

Préparation préalable au ponçage

- **Démontage** : tous les sous-ensembles, les parties mobiles et les quincailleries sont démontés au maximum, pour une meilleure accessibilité à toutes les faces des pièces.
- **Vérification** de l'absence de surplus ou de trace de colle.
- **Décapage** des bois (si nécessaire) : consiste à appliquer un produit permettant d'enlever un ancien vernis. Cette étape est utilisée lors de la restauration de meubles anciens afin de remplacer les vernis.
- **Raclage** : méthode artisanale et traditionnelle, régulièrement remplacée par un ponçage mécanique ou manuel.
- **Masticage** : permet de dissimuler certains défauts de surface (trous, éclats, fissures). Les mastics sont colorés suivant les essences de bois.

Le ponçage

Le ponçage du bois se fait avec un abrasif d'un grain de plus en plus fin :

- Les gros grains (P80 à P120) permettent de retirer de la matière rapidement et en profondeur, afin d'enlever le dernier défaut de la surface.
- Les grains plus fins (P150 à P220) servent à affiner la surface pour qu'elle soit la plus lisse possible et exempte de toute trace.

Méthodes

Le ponçage doit être fait dans le sens des fibres du bois afin de réduire et de dissimuler les rayures formées par les grains abrasifs.

- **Ponçage manuel d'une surface plane** : l'abrasif doit être maintenu par un support appelé « calle à poncer », qui permet de conserver le papier bien à plat et ainsi d'obtenir un ponçage uniforme de la surface.
- **Ponçage manuel d'une surface courbe** : une cale de forme correspondant à la forme opposée à la surface poncée est réalisée.
- **Ponçage mécanique d'une surface plane** avec les machines suivantes :
  - ponceuses d'atelier : ponceuse à bande large (calibreuse), étroite, suspendue, à disque (lapidaire) ;
  - ponceuses portatives : à bande, à plateau vibrant et à disque, et mouvement vibrant et rotatif dit « orbital » ou « excentrique ».

39. APPLICATION MANUELLE DES PRODUITS DE FINITION

Les produits de finition doivent être appliqués sur **un bois nu, propre, sec, dépoussiéré et sans trace d'anciennes finitions**. Le bois peut être teinté ou décoloré mais il faut vérifier la compatibilité des produits.

L'application se fait dans un lieu respectant la température et l'hygrométrie recommandées par le fabricant. Il doit être exempt de poussières, car celles-ci se déposent et se fixent sur le vernis. Pour éviter cela, il est préférable de réaliser le vernissage dans une cabine à vernir. Rappelons que des équipements de protection individuelle (EPI) sont à prévoir lors de l'application de certains produits toxiques ou irritants.

Le choix de la méthode d'application varie suivant :

- la dimension de la surface à traiter ;
- le type de produit à appliquer ;
- le nombre de pièces à vernir ;
- l'outillage et l'équipement disponibles.

Application des cires et des huiles

Elles sont très faciles à appliquer manuellement avec, au choix, un **pinceau**, un **chiffon**, de la **mèche de coton**, ou encore une **éponge pour l'huile**.

Après le séchage de la cire, le brillant sera obtenu par un lustrage soit avec un chiffon de laine, une brosse douce ou un feutre sur machine.

Pour une meilleure pénétration de l'huile de lin dans le bois, il est conseillé de la fluidifier en la faisant chauffer au bain-marie à 60 °C.

Application manuelle des vernis

Elle peut être réalisée **au pinceau**, **au rouleau** ou **avec une mèche** dans un tissu de coton (« au tampon »). Cette méthode, très ancienne, est utilisée pour le vernis naturel à base de gomme-laque.

L'application du vernis avec un pinceau est une méthode simple à mettre en œuvre, mais elle ne saurait convenir à un travail industriel. Il arrive que les poils du pinceau laissent des traces persistantes et visibles. Pour les dissimuler, le dernier passage du pinceau doit se faire dans le sens du veinage du bois. Pour éviter les coulures sur les chants, il est nécessaire de passer le pinceau de l'intérieur vers l'extérieur de la surface à vernir.

40. APPLICATION AU PISTOLET

En milieu artisanal comme industriel, l'application d'un vernis au pistolet nécessite un matériel spécifique et un lieu adapté. Elle donne un résultat d'excellente qualité. Le matériel nécessaire est :

- un pistolet qui assure la pulvérisation du produit ; à l'aide de plusieurs réglages, on ajuste la forme du jet et le mélange air/vernis ;
- un compresseur qui alimente en air comprimé le pistolet ;
- une cabine à vernir qui permet une bonne extraction des vapeurs de solvant et une absence totale de poussière.

Position et mouvement du pistolet

Le pistolet est tenu verticalement à environ 25 cm de la surface à vernir. On le maintient toujours en mouvement et on le déplace parallèlement à la surface d'un geste lent et régulier.

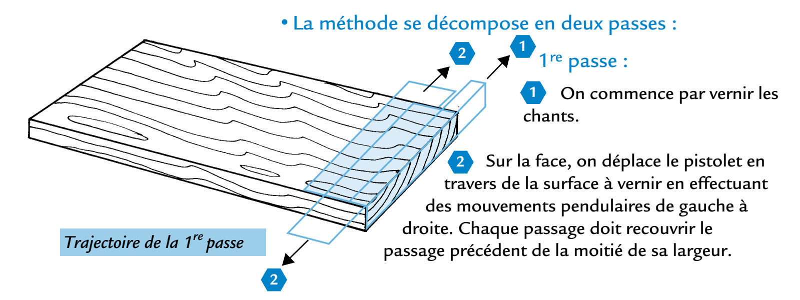


Figure 40.1 Trajectoire de la première passe

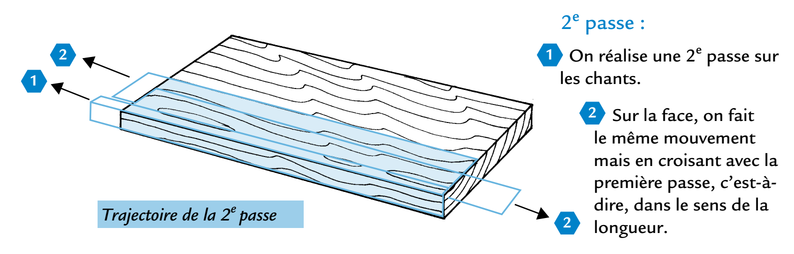


Figure 40.2 Trajectoire de la deuxième passe

41. APPLICATION D'UN VERNIS GOMME-LAQUE AU TAMPON

Le vernissage avec un vernis gomme-laque est un travail traditionnel encore très utilisé pour la restauration des meubles du XVIIIe et XIXe siècle. Il est souvent appelé vernis au tampon du fait de son mode d'application. Il est long et très difficile à réaliser.

Le tampon




Figure 41.1 Le tampon

De la taille d'un œuf, pour tenir dans la paume de la main, le tampon est constitué d'une toile enfermant une boule de mèche de coton. Il est imprégné d'alcool à vernir et de vernis gomme-laque. L'alcool permet de contrôler la fluidité et la proportion de vernis présent dans le tampon.

Les trois étapes du vernissage au tampon

1. Le remplissage. Il consiste à remplir les pores du bois avec de la poudre de ponce. On la saupoudre sur la surface, puis on déplace le tampon (chargé en alcool) en petits mouvements circulaires. La ponce polit et remplit les pores du bois. Il faut renouveler plusieurs fois l'opération.

2. Le vernissage. Il consiste à déposer le vernis (en formant des grands 8) avec le tampon en augmentant progressivement la proportion de produit. Pour faciliter la pose du vernis, quelques gouttes d'huile de vaseline doivent être déposées sous le tampon. Cette étape doit être faite en plusieurs fois avec un temps de séchage de plusieurs jours entre chaque application. En définitive, le vernis doit être uni, brillant et sans aucun défaut, à part les quelques traces d'huile en surface.

3. L'éclaircissage. Il consiste à enlever l'huile restant sur la surface du vernis. On déplace le tampon (chargé uniquement en alcool) délicatement sur le vernis. Attention, l'alcool peut dissoudre localement le vernis. Certains vernisseurs utilisent des produits appelés « Nickoclair » ou « Popote » pour éviter cela.

42. COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)

Les composés organiques volatils (COV) sont des gaz et des vapeurs contenant du carbone, issus des produits chimiques d'origine pétrolière. Ils ont un impact direct sur la santé humaine et la pollution atmosphérique.

Les principaux COV utilisés dans les produits du bois (vernis, colles, panneaux dérivés) sont le formaldéhyde, l'acétone, le benzène, le styrène, le toluène et le xylène.

Directive européenne

La directive européenne n° 2004/42/CE du 21 avril 2004 impose une valeur limite de COV :

- pour les vernis à base aqueuse : 130 g/L ;
- pour les vernis à base solvant : 400 g/L.

Écolabel européen

Créé en 1992, l'Écolabel européen est un label écologique officiel. EU Écolabel FR/07/011 garantit une teneur réduite en substances classées dangereuses pour la santé et l'environnement.



Figure 42.1 Logo Ecolabel

Étiquetage du niveau d'émission polluante

Le décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 rend obligatoire l'étiquetage des produits ou matériaux émettant des COV utilisés à l'intérieur de l'habitat. L'échelle va de A+ (très faible) à C (très élevé). Cela concerne :

- **les peintures**, lasures et vernis ;
- **les enduits plâtre**, papiers peints, toiles de verre, lambris, paquets (massifs et stratifiés), dalles, moquettes, linos, résines, bétons cirés ;
- **les colles**, adhésifs, mastics, pâtes à bois, mousse PU ;
- **les plaques de plâtre**, cloisons à base de panneaux dérivés et tous types d'isolants intérieurs ou de compléments d'isolation ;
- **les portes** intérieures et d'entrée, portes-fenêtres, fenêtres, fenêtres de toit.

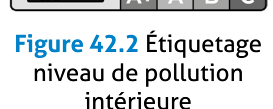


Figure 42.2 Étiquetage niveau de pollution intérieure

43. PRODUITS DANGEREUX

Une partie des produits utilisés dans les métiers du bois (colles, vernis) contiennent encore des solvants organiques. Ils sont toxiques et leurs quantités sont limitées par une directive européenne. Ils sont de plus en plus remplacés par des produits en phase aqueuse (à base d'eau).

Conditions d' utilisation des produits dangereux

- Utiliser les **EPI (Équipements de protection individuelle)** : gants, lunettes, vêtements et masque respiratoire à cartouche.
- Assurer une **bonne ventilation** du lieu de travail.
- Installer une cabine à vernir ou un système d'extraction des gaz pour **évacuer les solvants organiques**.
- Adapter le lieu de stockage suivant les précautions du fabricant. Il est **interdit de conserver ces produits dans un emballage autre que celui d'origine** (afin d'éviter toute confusion).
- Il est **interdit de rejeter les résidus des produits** (vernis ou diluants souillés) dans l'évacuation des eaux usées, car ils nuisent gravement à l'environnement. Ils doivent être **déposés en déchetterie** dans des réceptacles spécialisés, afin d'être retraités.

Préventions des risques

Les produits dangereux possèdent obligatoirement un ou plusieurs pictogrammes sur l'emballage. Ils préviennent l'utilisateur des dangers encourus et induisent les précautions à prendre.

Pictogrammes des risques

Tableau 43.1 Signification des pictogrammes

Pictogramme	Signification
	Comburant : « **Je fais flamber** », substance facilitant la combustion. • Eau oxygénée, oxyde métallique, acide nitrique...
	Inflammable : « **Je flambe** », substance inflammable sous l'effet d'une flamme, d'une étincelle, de la chaleur ou d'un frottement. • Solvants et diluants d'origine organique (dérivés du pétrole) ; certains produits naturels ; essence de térébenthine, huiles et alcools.
	Explosif : **« J'explose »,** substance pouvant exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, de la chaleur, d'un choc ou d'un frottement. • Gaz et aérosols.
	Corrosif : **« Je ronge »,** substance pouvant endommager les tissus vivants et attaquer les métaux. • Décapants et acides sont dangereux pour la peau. Il est fortement recommandé d'utiliser des gants, des lunettes et des vêtements de protection.
	Nocif et irritant : **« J'altère la santé »,** substance dangereuse à forte dose, irritante et allergisante. • Décapants, acides, certains vernis et leurs diluants.
	Dangereux pour l'homme : **« Je nuis gravement à la santé »,** substance cancérogène, mutagène de l'ADN des cellules, toxique pour la reproduction (et la grossesse), et dangereux pour de nombreux organes humains.
	Toxique : **« Je tue »,** substance empoisonnante rapidement, même à faible dose.
	Dangereux pour l'environnement : **« Je pollue »,** substance provoquant des effets néfastes sur les organismes du milieu aquatique. • Vernis synthétiques, solvants organiques, acides, décapants...

PARTIE F

LA GESTION DE PRODUCTION

Gérer un projet, cela signifie ordonner et ordonnancer (mettre dans l'ordre) les différentes tâches qui vont permettre de mener à bien le projet.

On distingue trois fonctions principales dans la gestion de production :

- **La planification** : planifier les différentes opérations à réaliser sur une période déterminée. Prévoir les moyens matériels et humains à mettre en œuvre pour réaliser le projet.
- **L'exécution** : mettre en œuvre les différents moyens pour mener les opérations prédéfinies et leur suivi.
- **Le contrôle** : contrôler par comparaison (calcul des écarts et analyse) entre la réalisation (en cours ou finie) et ce qui a été planifié au préalable.

Les champs d'action de la gestion de production sont très vastes.

On abordera plus particulièrement dans cette partie :

- la planification d'un projet ;
- l'optimisation de la production ;
- le contrôle qualité.

44. PLANIFICATION DU PROJET – DIAGRAMME DE GANTT

Le diagramme de Gantt permet le suivi des différentes tâches de l'exécution d'un projet sur une période déterminée et leur éventuel réajustement en cas de retard. Il permet également que les moyens humains et matériels soient utilisés de la meilleure façon possible pour respecter les délais.

Conditions préalables et représentation graphique

Pour établir le diagramme, il faut prendre en compte les paramètres suivants :

- l'ensemble du projet ;
- les différentes tâches (ou opérations) qui le composent ;
- les liens d'antériorité entre les différentes tâches ;
- le délai ou date de fin à respecter ;
- la durée de chacune des tâches. Pour optimiser la pose ou la fabrication, il est parfois utile de différencier les différents temps qui composent les temps de fabrication (temps de réglage, d'usinage...) ;
- les charges de production déjà existantes causées par les autres fabrications prévues ou en cours pouvant provoquer des attentes de machines ou de personnes ;
- les ressources disponibles (humaines et matérielles).

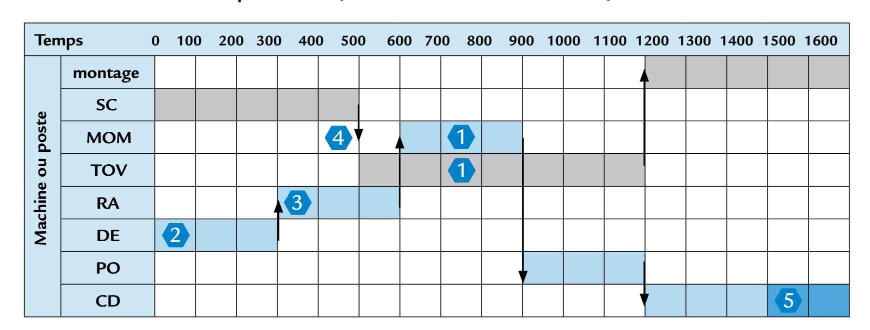


Figure 44.1 Représentation graphique du diagramme

1 Chaque opération (ou tâche) est représentée sur un axe, par un segment proportionnel à sa durée. L'opération est identifiée par son repère ou sa désignation. Un code graphique (hachure ou couleur) permet de différencier

les pièces de la fabrication. Il est accompagné d'une légende. Un autre code peut être utilisé pour identifier les intervenants.

2. On commence par la ou les opérations qui n'ont pas d'antériorités.
3. On représente ensuite les opérations ayant pour antérieures celles déjà représentées, et ainsi de suite.
4. Des flèches représentent les contraintes d'antériorité des opérations entre elles.
5. On met en évidence les flottements existants sur certaines opérations.

Le flottement correspond au temps de retard qu'on peut prendre sur une tâche sans pour autant augmenter la durée globale de la réalisation du projet. C'est un élément de flexibilité permettant à l'entreprise d'optimiser l'outil de production.

La marge est le temps restant jusqu'à la livraison du chantier ou de la production. C'est une sécurité qui permet d'absorber les aléas de production.

Le jalonnement

Jalonnement au plus tôt

Le diagramme de Gantt classique consiste à représenter les opérations en les faisant démarrer **le plus tôt possible**, ce qu'on appelle un jalonnement au plus tôt. On fait donc démarrer les opérations de pose ou de fabrication à partir de la date de lancement du projet.

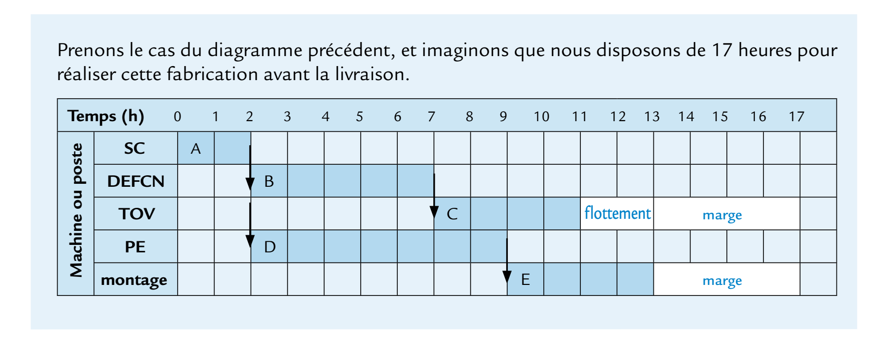


Figure 44.2 Jalonnement au plus tôt

Jalonnement au plus tard

Avec les préoccupations des stocks et des invendus, on utilise de plus en plus la méthode dite du « **juste à temps** », ce qui amène à faire commencer les opérations **le plus tard possible**. On détermine la date du début de la production en partant de la date de livraison et l'on remonte dans le temps. Les encours et les stocks sont minimisés. En revanche, **il n'existe alors pas de sécurité** pour couvrir un aléa survenant pendant la production.

Machine ou poste / Temps (h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SC	marge				A													
DEFCN							B											
TOV												flottement		C				
PE							D											
montage														E				

L'opération C est retardée au maximum en mettant son flottement avant elle.

Figure 44.3 Jalonnement au plus tard

Jalonnement avec marge en aval et marge en amont

C'est un compromis entre les deux méthodes précédentes, le jalonnement au plus tôt et au plus tard : les marges et les flottements sont divisés en deux et répartis avant et après les opérations.

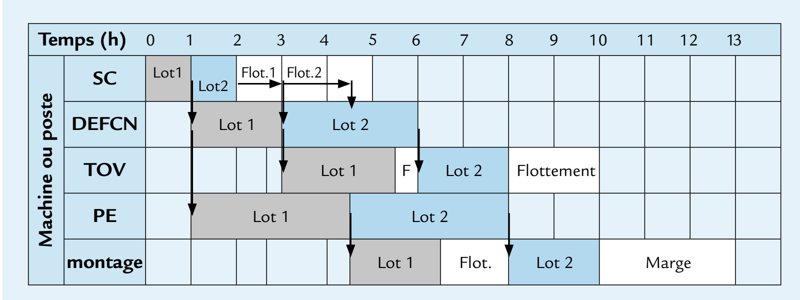
45. OPTIMISATION DE L'OUTIL DE PRODUCTION

Les aléas de production provoquent un engorgement des ateliers qui se caractérise par la formation de files d'attente de lots de pièces au pied des machines. Ces pièces doivent être différenciées par un ordre de priorité. **Les critères de priorité sont :**

- Priorité à la fabrication ayant la date de livraison la plus rapprochée, pour respecter au mieux les délais.
- Priorité à la première commande confirmée, pour ne pas mettre en fabrication des produits qui ne seront peut-être pas vendus.
- Priorité à l'opération dont la durée est la plus courte.
- Priorité à l'opération ayant une marge nulle ou la plus petite. (Marge : temps restant avant la livraison).

Gestion par lot

Le lot, c'est la quantité de pièces concernées par une même action. Quand le nombre de pièces est trop important, il est préconisé de diviser les pièces à usiner en plusieurs lots. **L'avantage** essentiel de la gestion par lot est que, pour chaque opération, on peut transférer les premiers lots au poste de travail suivant sans être obligé d'avoir fini toutes les pièces. **L'inconvénient** de cette gestion est qu'elle nécessite un personnel plus nombreux et engendre plus de temps de transfert des pièces d'un poste à l'autre.



Dans cet exemple, on constate que la gestion de cette fabrication par deux lots permet de gagner une marge de 3 heures sur la durée totale. Ce diagramme met en évidence quatre périodes de flottement, ce qui donne plus de souplesse.
Par contre, au cours de la 5e heure, il faut 4 personnes sur 4 postes différents.

Figure 45.1 Gestion par lot

Gestion des différents temps de fabrication

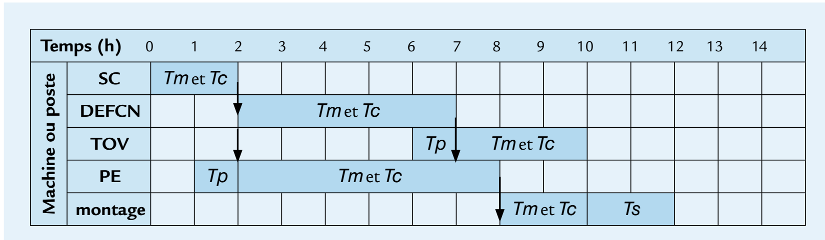
La détermination des temps peut s'effectuer de différentes manières :

- par le chronométrage d'une opération ;
- par expérience des temps passés lors d'une fabrication similaire ;
- par simulation et estimation.

Les temps peuvent être exprimés en minutes, en heures ou en secondes, mais aussi en centièmes d'heure.

Il est possible d'optimiser la fabrication à l'aide des temps détaillés d'une opération :

- ***Tp*** : temps de préparation du poste. Le temps de préparation correspond souvent au réglage d'une machine. Il exige la présence d'une personne et l'immobilisation du poste de travail (la machine), mais il peut être anticipé avant la fin de l'opération précédente.
- ***Tm*** : temps de manipulation des pièces au poste.
- ***Tc*** : temps de coupe ou de transformation.
- ***Tu*** : temps d'usinage. Les temps d'usinage (***Tu*** = ***Tm*** + ***Tc***) mobilisent le personnel, la machine et les pièces. Néanmoins, sur un poste de travail bien organisé, il est parfois possible de réduire le temps de manipulation.
- ***Ts*** : temps de séchage. Le temps de séchage d'un collage ou d'un produit de finition immobilise les pièces mais pas le personnel et rarement le poste de travail.
- ***Tt*** : temps de transfert entre deux postes de travail. C'est le temps nécessaire pour déplacer les pièces d'un poste à l'autre. Il peut être réduit par une bonne organisation du circuit d'usinage, et automatisé pour limiter l'intervention du personnel.



Dans cet exemple, le gain de temps par anticipation des temps de préparation (*Tp*) est de 1 heure. Il met en évidence que les deux personnes sont disponibles à la 10e heure. Chaque flèche représente un transfert de pièce (*Tt*) d'un poste à l'autre, il peut être ajouté dans le calcul des temps.

Figure 45.2 Gestion des temps de fabrication

Gestion des moyens humains et matériels de production

Dans les entreprises, plusieurs fabrications sont généralement en cours en même temps. Pour que le planning de GANTT soit réalisable, il faut le juxtaposer avec les autres plannings afin de vérifier la disponibilité du personnel et des machines. Il est important de détecter et de limiter les éventuelles files d'attente au poste de travail, puis de gérer l'ordre des priorités.

46. QUALITÉ – CARTE DE CONTRÔLE

La carte de contrôle est l'élément de base de la maîtrise statistique des procédés (MSP). Elle est utilisée pour s'assurer de la stabilité d'une fabrication. Le principe de base du contrôle de la qualité est de considérer que tout système est soumis à des variations aléatoires. Pour éviter que les pièces ne dépassent les limites de tolérance définies par le bureau des méthodes et de les mettre au rebut, il faut anticiper ces variations, suivre la fabrication et apporter les corrections nécessaires.

Les paramètres à contrôler bénéficient de deux types de tolérance :

- dimensionnelle (intervalle de tolérance d'une cotation, IT) ;
- de forme, d'orientation ou de position (planéité, angle, parallélisme, symétrie…).

Les niveaux de contrôle

Les contrôles en cours de fabrication : les pièces sont contrôlées sur un poste précis pendant la fabrication. Ces contrôles permettent de vérifier que les mesures relevées lors d'un usinage répondent toujours aux exigences et d'agir immédiatement sur les réglages si besoin.

Les contrôles de réception : l'objectif est de filtrer les entrées et/ou les sorties provenant de la sous-traitance, des fournisseurs ou d'un autre poste d'usinage.

Méthodes de contrôle

Le contrôle par attributs : les pièces sont jugées et classées, uniquement comme « bonnes » ou comme « défectueuses ».

Le contrôle par mesures : on vérifie des valeurs mesurables, avec des appareils de contrôle métrologique (pied à coulisse, comparateur, rapporteur d'angle…).

Les fréquences de contrôle

Le contrôle unitaire ou systématique : chaque pièce est contrôlée à 100 %. Cette méthode est très efficace mais très coûteuse en temps. Les pièces non conformes sont bloquées avant la phase suivante.

Le contrôle par prélèvement orienté : des pièces sont prélevées et contrôlées à un intervalle régulier. Ce prélèvement est « un échantillon » représentatif de cet usinage (Ex : 5 pièces/h). Plus le nombre de prélèvements est important, plus le contrôle est représentatif de la fabrication. On reporte les résultats dans un tableau de relevé, puis sur la carte de contrôle.

Tableau de relevé des échantillons

Les mesures relevées sur les échantillons sont rapportées dans un « tableau de relevé » qui accompagne la carte de contrôle et dans lequel les mesures sont utilisées pour calculer :

1. **la moyenne (X) :** moyenne des valeurs de chaque échantillon. C'est cette valeur qui sera portée sur la carte de contrôle ;
2. **l'étendue (R)** : c'est l'écart maximum relevé dans un même échantillon. Pour calculer l'étendue, on prend la valeur la plus grande – la valeur la plus petite.

TABLEAU DE RELEVÉS											
Valeurs relevées	**Pièce 1**	12,03	12,07	12,09	12,05	11,93	11,97	12,01	11,99	11,95	11,93
	Pièce 2	12,04	12,08	12,05	12,11	12,03	11,93	11,97	12,03	11,97	11,97
	Pièce 3	12,00	12,04	12,13	12,15	11,95	11,99	11,98	11,97	11,89	12,02
	Pièce 4	11,96	11,99	12,08	12,07	12,01	12,01	12,04	11,92	11,93	11,95
	Pièce 5	11,98	12,03	12,03	12,12	11,98	11,92	12,03	11,96	11,92	11,96
Moyenne	**x**	12,002 (1)	12,042	12,076	12,10	11,98	11,964	12,006	11,974	11,932	11,966
Étendue	**R**	0,08 (2)	0,09	0,10	0,07	0,10	0,09	0,07	0,11	0,08	0,09
Échantillon		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

Figure 46.1 Exemple tableau de relevés

La carte de contrôle des moyennes

Sur la carte, sont pointées et reliées les moyennes de chaque échantillon, plus :

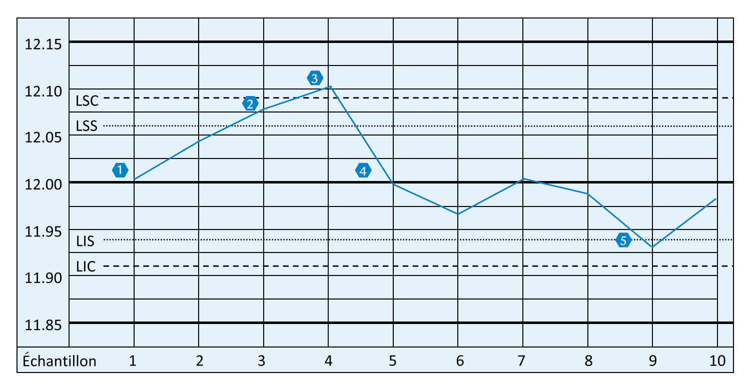
- des limites supérieures et inférieures de contrôle (LSC et LIC) ;
- des limites supérieures et inférieures de surveillances (LSS et LIS).

Ces limites permettent d'alerter l'opérateur avant que le processus soit déclaré comme instable et non maîtrisé. Il faut intervenir avant d'atteindre les limites de tolérance (IT).

CARTE DE CONTRÔLE

Désignation de la pièce	Repère	Nombre	Désignation de l'opération	Machine-outil	Caractéristique à contrôler		
traverse	106	560	Profilage feuillure	TOV	Profondeur de la feuillure		
Fréquence de l'échantillon			**opérateur**	**contrôleur**	**Cote**	**nominale**	12.00 mm
5 pièces/ heure			Jacques	Robert		**maxi**	12.15 mm
Type de tolérance			**Outil de contrôle**		12 mm	**mini**	11.85 mm
dimensionnelle			Pied à coulisse		+ 0.15 | - 0.15	**IT**	0.30 mm

Date	23/05	23/05	23/05	23/05	23/05	23/05	23/05	23/05	24/05	24/05
heure	8 h	9h	10h	11h	12h	14h	15h	16h	8h	9h



1. Réglage initial de l'usinage.
2. La moyenne atteint la limite supérieure de surveillance (LSS).
3. La moyenne atteint la limite supérieure de contrôle (LSC).
4. Nouveau réglage de l'usinage.
5. La moyenne atteint la limite inférieure de surveillance (LIS).

Figure 46.2 Exemple de carte de contrôle

47. NORMES ET DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIÉS (DTU)

Standards, normes et réglementations

Le monde de l'entreprise utilise différents documents de référence qui déterminent des règles, des lignes directrices, des recommandations. Ces documents sont hiérarchisés en fonction des obligations légales qu'ils imposent aux entreprises.

Tableau 47.1 Différents types de documents de référence

Standards	Spécifications mises en place par un groupe d'acteurs du marché (groupe restreint)	Application volontaire de la part des acteurs
Normes	Règles du jeu volontaires établies par un accord entre tous les acteurs du marché	Application volontaire de la part des acteurs
Décrets et arrêtés	Règles établies par l'État	Application obligatoire
Lois	Règles établies par l'État	Application obligatoire

Bien qu'une norme soit d'application volontaire, les pouvoirs publics peuvent, par exception, rendre tout ou partie d'une norme d'application obligatoire, au moyen d'un arrêté signé du ministre (article 17 du décret n° 2009-697 du 16 juin 2009 modifié par le décret n° 2021-1473 du 10 novembre 2021 relatif à la normalisation). En France, environ 900 normes sont rendues obligatoires.

Les différents documents normatifs

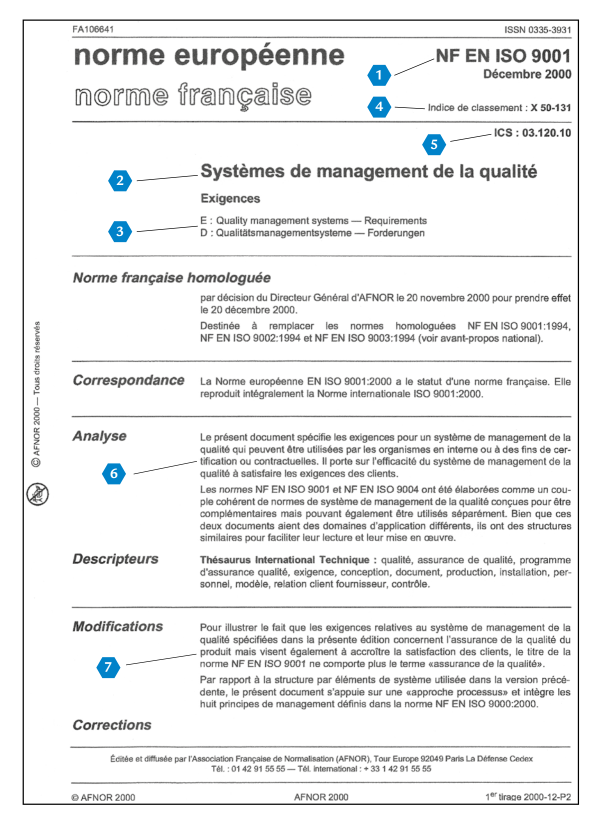
Il existe en France deux types de normes :

- **la norme homologuée (NF)** : ce sont des documents **à contenu normatif**. Ils ont suivi la procédure d'approbation (enquête publique). **Ils peuvent donc servir de référence dans une réglementation**, un marché public ou une marque NF (Norme française) ;
- **la norme expérimentale (XP)** : une norme peut être publiée sous une forme expérimentale lorsqu'elle a besoin de subir **une période de mise à l'épreuve avant d'être conservée en l'état ou révisée**.

Le fascicule de documentation (FD)

C'est un **document d'information** élaboré par un groupe d'experts (acteurs du marché) et validé par la commission de normalisation. Il n'est soumis ni à une enquête publique ni à une homologation. Ce document peut refléter, par exemple, l'état des techniques dans un domaine.

Reconnaître une norme



FA106641 ISSN 0335-3931

norme européenne

norme française

NF EN ISO 9001
Décembre 2000

Indice de classement : **X 50-131**

ICS : 03.120.10

Systèmes de management de la qualité

Exigences

E : Quality management systems — Requirements
D : Qualitätsmanagementsysteme — Forderungen

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 novembre 2000 pour prendre effet le 20 décembre 2000.

Destinée à remplacer les normes homologuées NF EN ISO 9001:1994, NF EN ISO 9002:1994 et NF EN ISO 9003:1994 (voir avant-propos national).

Correspondance La Norme européenne EN ISO 9001:2000 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la Norme internationale ISO 9001:2000.

Analyse Le présent document spécifie les exigences pour un système de management de la qualité qui peuvent être utilisées par les organismes en interne ou à des fins de certification ou contractuelles. Il porte sur l'efficacité du système de management de la qualité à satisfaire les exigences des clients.

Les normes NF EN ISO 9001 et NF EN ISO 9004 ont été élaborées comme un couple cohérent de normes de système de management de la qualité conçues pour être complémentaires mais pouvant également être utilisées séparément. Bien que ces deux documents aient des domaines d'application différents, ils ont des structures similaires pour faciliter leur lecture et leur mise en œuvre.

Descripteurs **Thésaurus International Technique :** qualité, assurance de qualité, programme d'assurance qualité, exigence, conception, document, production, installation, personnel, modèle, relation client fournisseur, contrôle.

Modifications Pour illustrer le fait que les exigences relatives au système de management de la qualité spécifiées dans la présente édition concernent l'assurance de la qualité du produit mais visent également à accroître la satisfaction des clients, le titre de la norme NF EN ISO 9001 ne comporte plus le terme «assurance de la qualité».

Par rapport à la structure par éléments de système utilisée dans la version précédente, le présent document s'appuie sur une «approche processus» et intègre les huit principes de management définis dans la norme NF EN ISO 9000:2000.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55

© AFNOR 2000 — Tous droits réservés

© AFNOR 2000 AFNOR 2000 1er tirage 2000-12-P2

Figure 47.1 Les systèmes de management de la qualité, AFNOR normalisation, AFNOR Éditions, 2000

Sur la première page du document, on peut voir apparaître :

1 Des codes types

Tableau 47.2

Code	Symbolisation
NF C 15-100	NF indique que c'est une norme purement nationale.
NF EN 15272-4	NF EN indique que c'est une norme française qui reproduit intégralement une norme européenne.
NF ISO 4526	NF ISO indique que c'est une norme française qui reproduit intégralement une norme internationale.
NF EN ISO 9001	NF EN ISO indique que c'est une norme française qui reproduit intégralement une norme européenne, reproduisant elle-même une norme internationale. Les lettres et les chiffres qui suivent ces symboles correspondent à la codification des documents.

2 Un titre, par exemple : système de management de la qualité.

3 **La traduction du titre en anglais et en allemand.**

4 **Un indice de classement**, par exemple : X 50-131.

5 **Le domaine dans lequel (ou lesquels) est classé le document suivant la nouvelle classification internationale**, par exemple : ICS : 03.120.10.

6 **Un champ couvert par la norme.**

7 **Des éventuelles modifications.**

Les documents techniques unifiés (DTU)

Ces documents définissent les règles d'exécution des ouvrages. Ils sont rédigés par la profession, sous l'égide de l'AFNOR. Leur fonction est de définir les ouvrages (domaine d'emploi et produits) et leur mise en œuvre. Ils sont généralement composés de trois parties. Ces documents sont d'application contractuelle dans les marchés de travaux des bâtiments publics et privés.

Trois parties composent les DTU :

- **le cahier des clauses techniques (CCT)**, qui définit les conditions à respecter dans le choix et la mise en œuvre des matériaux ;
- **le guide de choix des matériaux, produits ou composants à utiliser pour la réalisation de l'ouvrage (CGM)**, qui identifie les natures, caractéristiques ou performances des produits définis au CCT ;
- **le cahier des clauses spéciales (CCS)**, qui donne les clauses administratives générales, les limites des prestations et obligations envers les autres corps de métiers. Ces clauses générales sont parfois complétées par des clauses particulières que le maître d'ouvrage souhaite introduire.

Le statut des DTU

Les DTU sont établis par la Commission générale de normalisation du Bâtiment-DTU afin de pouvoir intégrer ces documents dans le circuit de la normalisation française. Cela intervient dans le cadre de l'harmonisation technique européenne (Eurocodes).

Cette évolution a pour conséquence de transformer les DTU en normes. Cette transformation se fait progressivement. De ce fait, un DTU peut avoir l'un des statuts suivants :

- norme française homologuée (NF) ;
- norme expérimentale (XP) ;
- fascicule de documentation (FD) ;
- DTU (statut originel) : dans ce cas, il ne fait pas partie des normes. Il est provisoirement conservé dans l'attente de son intégration dans le système de normalisation officiel.

Étant une norme, les NF DTU ne sont ni réglementaires, ni obligatoires car leur prise en compte dans les marchés de travaux des bâtiments relève d'un simple accord contractuel entre les parties intéressées.

Il existe en France plus de 100 DTU classés suivant 37 domaines d'usages.

PARTIE G

LE CONFORT DE L'HABITAT

Dans cette partie, nous abordons des notions concernant le confort l'habitat et la sécurité incendie.

Bien que le bois soit un matériau combustible, ses caractéristiques physiques lui offrent une bonne tenue au feu. Comme tout matériau de construction, il est soumis à la réglementation incendie et il est classé en fonction de sa réaction et de sa résistance au feu.

De plus, dans le domaine de l'agencement, il est nécessaire de répondre aux différentes normes liées au confort acoustique et thermique, mais aussi d'apporter si nécessaire des améliorations, voire des corrections en utilisant des matériaux qui permettent d'augmenter le confort de l'habitat.

48. BOIS ET SÉCURITÉ INCENDIE

Du fait de sa faible conductivité thermique, le bois transmet moins vite la chaleur que d'autres matériaux. En effet, lorsqu'il se consume, la partie carbonisée en surface offre une isolation huit fois supérieure au bois lui-même.

Grâce à cette propriété, le bois se consume lentement (**0,7 m par face et par minute – voir notes sur le DTU bois feu 88**). Aussi conserve-t-il en partie ses propriétés mécaniques à cœur. Il offre donc une meilleure stabilité des ouvrages que d'autres structures et une plus longue résistance. De plus, il ne se déforme pas sous l'effet du feu, comme l'acier. Cela permet d'effectuer une évacuation des lieux dans des meilleures conditions.

La réaction au feu

Le classement français pour la réaction au feu compte **cinq classes**, qui vont de **facilement inflammable** (M4) à **incombustible** (M0) (voir tableau 48.2). Ainsi, chaque matériau est classé en fonction de sa combustibilité.

Les Euroclasses : dans le classement européen les Euroclasses **A1 à F** remplacent les classes **M0 à M4** du classement français.

Apparaissent deux nouveaux classements qui se font en fonction :

- **du dégagement de fumée :**
  - s1 : pas de fumée ;
  - s2 : fumée ;
  - s3 : production importante de fumée ;
- **de la production de gouttes enflammées :**
  - d0 : pas de goutte ;
  - d1 : gouttelettes ;
  - d2 : nombreuses gouttelettes.

Tableau 48.1 Classement Européen

Classement selon les « Euroclasses »	Comportement
A1	Aucune contribution au feu
A2	Très faible contribution au feu
B	Contribution faible au feu
C	Contribution significative au feu
D	Contribution élevée au feu
E	Contribution importante au feu
F	Contribution très importante au feu

Tableau 48.2 Correspondance entre réglementation européenne et française

Norme européenne (NF EN 13501-1)	Norme française
A1	
A2 s1 d0	M0 Incombustible
A2 s1 d1 ; A2 s2 d0 ; A2 s3 d1 ; B s1 d0 ; B s2 d1 ; B s3 d1	M1 Non inflammable
C s1 d0 ; C s2 d1 ; C s3 d1	M2 Difficilement inflammable
D s1d0 ; s2 d1 ; s3 d2	M3 Moyennement inflammable
E ; F	M4 Facilement inflammable

La résistance au feu

C'est le temps pendant lequel les matériaux peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu, malgré l'action de l'incendie. Cela concerne :

- les éléments porteurs (poteaux, poutres, toitures, etc.) ;
- les éléments de séparation ou de protection (cloisons, portes, plafonds, etc.).

Les Euroclasses pour la résistance au feu

Les critères de performance sont fixés par la norme européenne **NF EN 13501-2,3 et 4** et leur appellation est modifiée :

- la stabilité au feu (SF) devient résistance (R) ;
- le degré pare-flamme (PF) devient étanchéité au feu (E) ;
- le degré coupe-feu (CF) devient isolation thermique (I).

Les mesures des degrés de résistance sont maintenant en minutes et non plus en heures.

Exemples : CF 1h devient I60, PF 1/2h devient E30, SF 1/4h devient R15.

POUR INFORMATION

L'arrêté du 21 novembre 2002 a transcrit dans la législation française les Euroclasses concernant la réaction au feu.

L'arrêté du 22 mars 2004 a transcrit dans la législation française les Euroclasses concernant la résistance au feu.

49. CONFORT THERMIQUE

La réglementation thermique



En 2020, la France passe d'une réglementation thermique (RT 2012) à une réglementation environnementale RE 2020 définie par le décret n° 2021-1004 du 29 juillet 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine.

Les trois principaux axes de la RT 2012

La RT 2012 s'appuie principalement sur trois attendus :

- **une efficacité énergétique minimale du bâti**, Bbiomax (besoin bioclimatique du bâti) ;
- **une consommation maximale d'énergie primaire**, Cepmax, (consommation d'énergie primaire à 50 kWh/m²/an en moyenne) ;
- **un confort d'été dans les bâtiments non climatisés**, Ticref, limitant la température intérieure maximale que le bâtiment peut atteindre au cours d'une séquence de cinq jours d'été très chauds.

Les trois principaux axes de la RE 2020

- Poursuivre, au-delà de la RT 2012, l'amélioration de la performance énergétique et la baisse des consommations des bâtiments neufs.
- Diminuer l'impact sur le climat des bâtiments neufs, en tenant compte des émissions du bâtiment sur son cycle de vie.
- Permettre aux résidents de vivre dans des locaux professionnels ou résidentiels adaptés aux conditions climatiques en poursuivant les efforts sur le confort d'été.

Calendrier de la mise en application de la RE 2020

- **1er janvier 2022** : maisons individuelles et logements collectifs.
- **Juillet 2022** : bureaux et bâtiments d'enseignement.
- **2023** : autres bâtiments tertiaires (commerces, santé, etc.).

Tableau 49.1 Principales différences entre RT 2012 et RE 2020

	RT 2012	RE 2020
Type de bâtiment ciblé	**Bâtiment basse consommation**	**Bâtiment à énergie positive**
Consommation maximale (Cepmax) d'énergie primaire	50 kWh/m²/an	0 kWh/m²/an
Usages pris en compte	Chauffage Production d'eau chaude Refroidissement Éclairage Auxiliaires (ventilateurs, pompes…)	Chauffage Production d'eau chaude Refroidissement Éclairage Auxiliaires Appareils ménagers Appareils électroménagers
Principaux éléments pris en compte	Isolation thermique des bâtiments	Isolation thermique des bâtiments Production d'énergie Empreinte environnementale

L'isolation thermique

L'isolation thermique a pour but de limiter les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

Les échanges de chaleur

La transmission de la chaleur peut s'effectuer par :

- **rayonnement** : la chaleur est transmise d'un corps à un autre sans contact ;
- **conduction** : la chaleur se propage à travers un solide. Ce phénomène est lent ;
- **convection** : le transport de la chaleur s'effectue dans un fluide (air) par un déplacement de l'ensemble des molécules.

L'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur des parois s'effectue **par conduction**. Par conséquent, pour améliorer l'isolation thermique, il faut diminuer la conductibilité des parois.

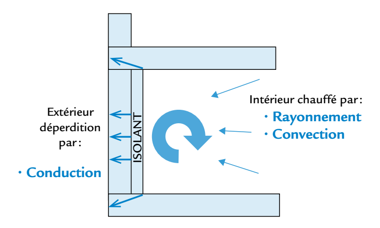


Figure 49.1

La conductivité thermique des matériaux (λ)

C'est l'aptitude d'un matériau à propager la chaleur. Cette aptitude est traduite par le coefficient λ, qui s'exprime en **W/m.K**.

Le coefficient λ se mesure par la quantité de chaleur qui traverse une surface d'un mètre carré sur une épaisseur d'un mètre d'un matériau homogène par heure, avec une différence de température d'un degré entre les deux faces. Plus λ est petit, plus le matériau est isolant.

Tableau 49.2 Exemples de coefficient de conductivité thermique du bois

Matériau	Coefficient lambda (λ) en W/m.K
Hêtre, chêne	0,20
Sapin, pin	0,13
Panneau de fibres (Masse volumique : $500 < \rho < 700$ kg/m³)	0,14
Panneau de particules (Masse volumique : 450 kg/m³ $< \rho$)	0,10
Panneau d'OSB (Masse volumique : 650 kg/m³)	0,13

La résistance thermique des matériaux (*R*)

Cette résistance qu'offre un matériau au flux de chaleur est l'inverse de la conductivité ; elle est symbolisée par ***R*** et s'exprime en **m².K/W**. Plus le λ du matériau est élevé, plus le matériau doit être épais pour isoler correctement. Inversement, plus le λ du matériau est petit, plus ce dernier peut être de faible épaisseur.

Formule pour calculer la résistance thermique :

$$R = e / \lambda \text{ en m}^2\text{.K/W}$$

Nota : l'épaisseur de l'isolant, e, est exprimée en mètres.

La résistance thermique d'une paroi composite (Rp)

La résistance thermique d'une paroi composite est **constituée de différents matériaux**. Elle est obtenue en additionnant les résistances des différents matériaux qui la composent ainsi que les résistances superficielles internes et externes de la paroi. Elle est symbolisée par ***Rp*** et s'exprime en **m².K/W**.

$$Rp = rsi + rse + \Sigma R \text{ en m}^2\text{.K/W}$$

Les résistances superficielles d'une paroi

Lorsque deux milieux de températures différentes sont séparés par une paroi, la chaleur chemine du chaud vers le froid en traversant cette paroi. Cette migration rencontre trois résistances différentes :

- celle de l'air situé de part et d'autre de la paroi ;
- celle de la partie superficielle interne de la paroi (rsi) ;
- celle de la partie superficielle externe de la paroi (rse).

Tableau 49.3 Exemples de coefficient de conductivité thermique du bois

Type de paroi	Sens du flux	Paroi en contact avec : l'extérieur ; un passage ouvert ; un local ouvert.			Paroi en contact avec : un autre local, chauffé ou non ; un comble ; un vide sanitaire.		
		rsi	rse	rsi + rse	rsi	rse	rsi + rse
	Horizontal	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
	Ascendant (toiture)	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
	Descendant (plancher)	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Le coefficient de transmission surfacique (U)

Ce coefficient **U (anciennement K)** exprime la quantité de chaleur qui traverse une paroi de 1 m² de surface, d'un milieu chaud vers un milieu froid, pour une différence de température de 1 °C entre ces deux milieux, pendant une heure.

Formule pour calculer le coefficient de transmission surfacique :

$$U = 1 / R \text{ en W/m}^2\text{.K}$$

Tableau 49.4 Exemple de calcul pour une paroi verticale

Calcul du coefficient U du mur d'une paroi en contact avec l'extérieur			
	Épaisseur en m	Conductivité thermique λ en W/m.K	Résistance thermique R en m².K/W
Résistances superficielles			rsi + rse = 0,17
Enduit ciment (mortier)	0,015	1,15	(0,015/1,15) = 0,013
Béton de laitier	0,20	0,52	0,385
Laine de verre	0,085	0,035	2,43
Plaque de plâtre	0,013	0,35	0,037
Lame d'air	0,025		0,18
Panneau de fibre bois « dur ».	0,019	0,20	0,095
Résistance thermique de la Paroi R_p			**3,31**
Coefficient U du mur en W/m².K			(1/3,31) = **0,30**

50. CONFORT ACOUSTIQUE

Le son

On distingue deux modes essentiels de propagation des sons :

1. Par voie aérienne (transmission directe)

- Directement de la source sonore sur l'oreille.
- Par réverbération (écho) : c'est la prolongation du bruit, après l'arrêt de l'émission de la source, dans un local dont les parois réfléchissent les sons.

Ce mode varie en fonction des conditions météorologiques (sens, température).

Le trajet de l'onde sonore est omnidirectionnel :

- une partie se réfléchit sur l'obstacle ;
- une partie, absorbée par l'obstacle, se propage dans celui-ci ;
- une partie traverse l'obstacle.

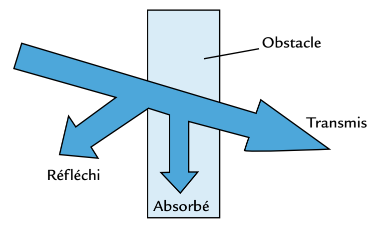


Figure 50.1 Propagation du son

2. Par voie matérielle (transmission solidienne)

L'origine de la vibration sonore est généralement due à des bruits d'impacts (déplacements de personnes, chutes d'objets…) ou des bruits d'équipements (ascenseurs, robinetteries, volets roulants…) produits sur les parois ou sur les objets qui se trouvent en contact avec celle-ci.

Nota : les vibrations se propagent plus vite par voie matérielle que par voie aérienne.

Le niveau sonore

L'intensité d'un bruit (ou d'un son) se manifeste par le niveau sonore sur une échelle de référence : de 10 à 130 décibels (dB). L'échelle des bruits est la suivante :

- de 100 à 130 dB : seuil de la douleur (atelier de chaudronnerie, marteau-piqueur, décollage d'un avion, concert) ;
- de 80 à 100 dB : bruits dangereux (passage d'un train, musique forte, scie à ruban, perceuse) ;
- de 60 à 80 dB : bruits fatigants (rue très animée, télévision) ;
- de 40 à 60 dB : bruits modérés (bureau calme, conversation normale) ;

- de 10 à 40 dB : bruits légers (bruissement du vent dans les feuilles, appartement calme).

Isolation acoustique

Pour **s'isoler des bruits aériens**, on peut appliquer le principe de :

- **la loi de masse** : plus la paroi a de masse (plus elle est lourde), meilleure sera l'isolation acoustique. Cette solution est principalement utilisée par les filières humides (ex : construction béton) ;
- **la loi masse-ressort-masse** : les parois (masse) sont séparées par une lame d'air remplie par un isolant souple (ressort) qui absorbe et disperse les ondes sonores. Cette solution est principalement utilisée par les filières sèches (ex : construction à ossature bois) ;
- **la loi de distance** : lorsque l'on double la distance avec la source sonore, le niveau sonore diminue de 6 dB ;
- **la loi d'étanchéité** : les fenêtres, bas de portes et pieds de cloisons sont des zones d'étanchéité à traiter pour obtenir une isolation satisfaisante.



Aujourd'hui, les meilleurs isolants dans le domaine acoustique ou thermo-acoustique sont les laines minérales, le polystyrène expansé, les isolants naturels (laine de bois, chanvre, lin, ouate de cellulose...).

Pour **lutter contre les bruits d'impacts**, il faut limiter la propagation des vibrations dues aux chocs dans la structure des bâtiments, donc absorber les vibrations à la source.

Pour **lutter contre les bruits d'équipements**, il faut désolidariser les équipements du gros œuvre, c'est-à-dire supprimer les liaisons rigides.

La correction acoustique

La correction acoustique d'un local vise à obtenir une ambiance sonore agréable en maîtrisant les bruits qui y sont émis.

Le pouvoir d'absorption des matériaux (αw)

Le pouvoir absorbant d'un matériau est mesuré par l'indice **αw**. Il est compris entre 0 et 1. Plus l'indice est proche de 1, plus cela signifie que le matériau est absorbant et que l'énergie réfléchie est presque nulle.

L'aire d'absorption (A)

L'énergie absorbée dépend de αw, mais il faut également tenir compte de toutes les surfaces d'absorption (**S**α). **On doit donc connaître la surface de chaque matériau et la multiplier par son coefficient** αw.

L'aire d'absorption totale du local est définie par la lettre **A**. Son unité est le **m².** La surface des parois est définie par la lettre **S**. Son unité est le **m².**

Formule de l'aire d'absorption : $A = S1\alpha1 + S2\alpha2 + S3\alpha3 + S4\alpha4 + \ldots$

Donc : $A = \Sigma S\alpha$

Temps de réverbération

Dans un local vide, on constate généralement un phénomène de réverbération. Un bref son persiste quelques secondes après l'arrêt de son émission et diminue avant de devenir inaudible.

La durée de réverbération est définie par la **formule de Sabine** ci-dessous. Elle se mesure en secondes.

Formule du temps de réverbération : Tr = (0,16 V)/A

- Tr : durée de réverbération en secondes ;
- V : volume du local en m^3 ;
- A : surface d'absorption totale du local.

Un temps de réverbération compris **entre 0,5 et 1 s** convient à la plupart des locaux ; **entre 1 et 2 s**, le local est réverbérant ; **au-dessus de 3 s**, le local est très réverbérant, ce qui rend l'acoustique inconfortable.

Le temps de réverbération varie en fonction du volume du local, du pouvoir d'absorption des matériaux, de la présence de meubles ou de personnes.

Tableau 50.1 Exemple de vérification du temps de réverbération dans un local

Le volume total du local est de 100 m^3. Le temps de réverbération, suivant la réglementation en vigueur, doit être compris entre 0,4 et 0,8 s. Absorption pour une fréquence de 500 Hertz			
Nature du matériau	**Surface du matériau**	**Coefficient d'absorption (αw)**	**Surface absorbée ($S\alpha$)**
Paroi vitrée	10 m²	0,03	(10 x 0,03) = 0,3
Placomur 90	50 m²	0,06	3
Porte isoplane	2,1 m²	0,1	0,21
Parquet stratifié	40 m²	0,06	2,4
Habillage MDF	7,9	0,2	1,58
Faux plafond	40 m²	0,83	33,2
Absorption A en m²			40,69

Les surfaces des matériaux et leur coefficient d'absorption sont donnés. Le volume total du local est de 100 m^3. Le temps de réverbération, suivant la réglementation en vigueur, doit être compris entre 0,4 et 0,8 s.

Pour calculer le temps de réverbération (Tr) :

Tr = (0,16 x V)/A = (0,16 x 100)/40,69 = 16/40,69 = 0,40 s

Conclusion : le temps de réverbération est conforme à la réglementation en vigueur. Le local bénéficiera d'un bon confort acoustique.

PARTIE H

LA CONCEPTION DES OUVRAGES

Dans cette partie, nous aborderons les principes de construction des ouvrages. Il incombe bien souvent au menuisier agenceur et à l'ébéniste de réaliser des plans de fabrication afin de compléter les plans d'ensemble et les coupes de principe fournis par les architectes d'intérieur.

Pour ce faire, nous devons déterminer les types d'assemblage permettant la construction des ouvrages, tout en respectant l'esthétique imposée et en garantissant la solidité des ouvrages.

De nombreux ouvrages de style ancien ou contemporain possèdent des formes courbes. La conception des pièces et des panneaux cintrés requiert bien souvent de concevoir des moules de forme et d'utiliser des matériaux adaptés à ce travail.

La partie conception s'étend aussi à la mise en œuvre sur chantier. Effectivement, pour concevoir un ouvrage, il est nécessaire de bien connaître l'environnement et les contraintes du site de pose. Il faut donc effectuer un relevé précis de ce site afin d'apporter aux ateliers les informations nécessaires à la fabrication. Mais il faut aussi prévoir la mise en œuvre effective en installant des référentiels de pose et prévoir la fixation des ouvrages afin de leur assurer un ancrage qui dépend du support, du type de liaison et de la sollicitation des organes de fixation.

51. OUVRAGES EN BOIS MASSIF – PRINCIPES DE CONSTRUCTION

Bâti

Dans les ouvrages en bois massif, les montants d'angle (ou pieds d'angle) permettent l'assemblage de l'ensemble des traverses (face, côté, arrière).

Les parois arrière et avant sont généralement divisées en plusieurs parties par des montants intermédiaires pour éviter que les panneaux, qui viendront combler l'espace entre les montants, n'excèdent 500 mm. Ces parois peuvent être aussi séparées en hauteur par des traverses si la hauteur dépasse 1 100 mm.

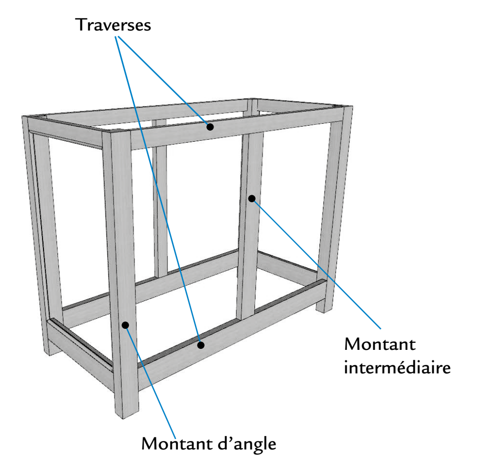


Figure 51.1 Bâti

Les montants et les traverses ont une largeur comprise entre 50 et 70 mm (les traverses basses sur les côtés et en façade peuvent être plus larges si elles sont chantournées), leur épaisseur est de 22 ou 24 mm.

La paroi arrière, si elle n'est pas visible, reçoit des panneaux en contreplaqué de 5 mm d'épaisseur. Dans le cas contraire, on utilise des panneaux en bois massif de 8 à 10 mm d'épaisseur.

Les parois de côté reçoivent soit des panneaux en bois massif et leur pourtour comprend une plate-bande de 15 à 30 mm, soit des panneaux de contreplaqué plaqués qui ne nécessitent pas de table saillante.

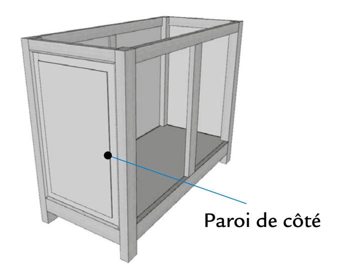


Figure 51.2 Parois

Le dessus

En menuiserie le dessus est généralement composé d'un **panneau massif embrevé**, au pourtour, dans une **alaise**. Seule l'alaise représente sur le chant

l'épaisseur réelle du dessus. Le panneau, quant à lui, est plus mince et varie entre 12 et 19 mm.

En ébénisterie les dessus sont composés en **contreplaqué ou latté** autour desquels on colle une **alaise en bois massif** de 5 mm de la même essence que le plaquage utilisé en parement.

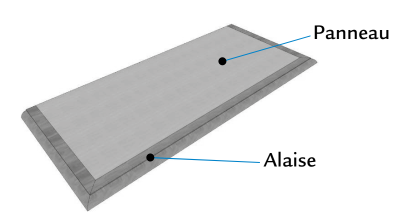


Figure 51.3 Dessus

Les portes

En menuiserie les portes planes se composent d'une **ossature en bois massif** (montants et traverses) à petit cadre et d'un **panneau en massif embrevé** ou maintenu par des **parcloses clouées ou vissées** dans les montants et traverses. Le pourtour du panneau comprend une plate-bande.

En ébénisterie la porte est composée d'un **panneau latté plaqué** de 18 ou 22 mm et **alaisé au pourtour**. Pour simuler un grand cadre, on colle sur la porte les plates-bandes et les moulures.

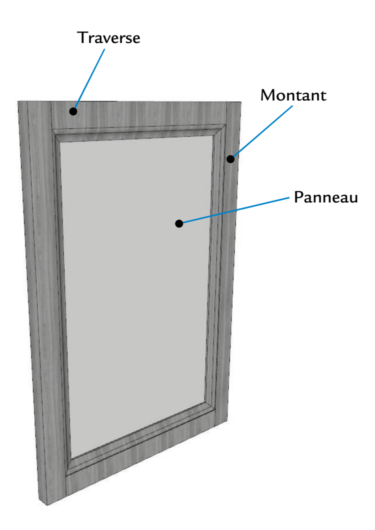


Figure 51.4 Porte

Grand cadre et petit cadre

Grand cadre : les moulures sont en saillies du cadre. Elles peuvent être soit embrevées sur le cadre, soit tirées dans la masse. Elles sont à un parement, deux parements ou vitrées à parclose.

Petit cadre : les moulures sont prises dans l'épaisseur du cadre. Elles sont à un parement, deux parements ou vitrées à parclose.

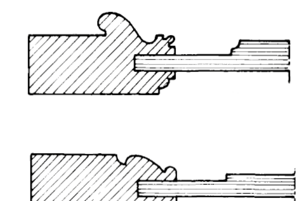


Figure 51.5

52. OUVRAGES EN BOIS MASSIF – ASSEMBLAGES

Le choix des assemblages pour construire les différents ouvrages d'agencement ou d'ébénisterie se fera en fonction des contraintes de résistance, afin d'en garantir la solidité, et des contraintes d'ordre esthétique. Nous proposerons ici quelques exemples d'assemblages courants en fonction de leur position dans l'ouvrage.

Bâti

Tableau 52.1 Exemples d'assemblages pour les bâtis

Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation	Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation
1 / 2	Tenon et mortaise borgne		1 / 2	Tenon mortaise avec épaulement central	Pour les montants d'une largeur supérieure à 100 mm
1 / 2	Tenon mortaise avec épaulement		3	Tenon mortaise avec raccord de moulures par coupe d'onglet	

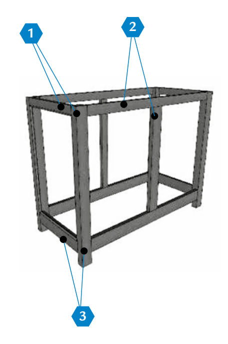


Figure 52.1

Le dessus

Tableau 52.2 Exemples d'assemblages pour les dessus

Rep.	Nom de l'assem-blage	Représentation	Rep.	Nom de l'assem-blage	Représentation
1	Embrève-ment à denture		1/2	Embrève-ment à rainure et languette	
1/2	Embrève-ment à languette rapportée		1/2	Embrève-ment à languette bâtarde	
1/2	Assem-blage par lamelles				

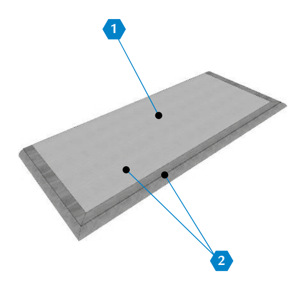


Figure 52.2

Les portes

Tableau 52.3 Exemples d'assemblages pour les portes

Rep.	Nom de l'as-semblage	Représentation	Rep.	Nom de l'assem-blage	Représentation
1	Tenon mortaise avec raccord de moulures par coupe d'onglet		1	Tenon mortaise avec raccord de moulures par con-tre-profil	
1	Tenon mortaise avec flottage d'onglet				

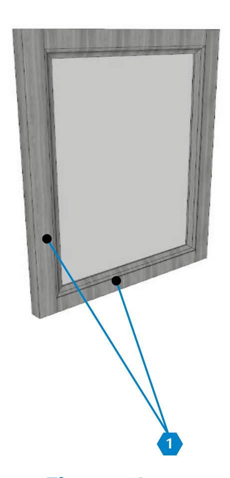


Figure 52.3

Les panneaux des portes et des côtés

Tableau 52.4 Exemples d'assemblages pour les panneaux

Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation	Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation
1 / 2	Plate-bande		1 / 2	À vif en rainure	
1	À languette bâtarde		1	À table saillante	

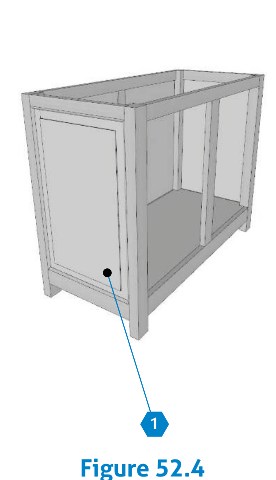


Figure 52.4

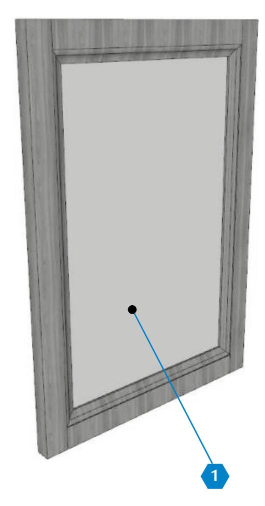


Figure 52.5

53. CAISSONS – PRINCIPES DE CONSTRUCTION

Conception de base d' un caisson bas type cuisine

- **Le dessus et le dessous** sont encloisonnés entre les côtés.
- Épaisseur des matériaux :
  - on utilise des panneaux dérivés du bois de 16, 18 ou 19 mm pour réaliser les côtés, le dessus, le dessous et la plinthe ;
  - on utilise du panneau de 5, 6, 8, 10 ou 12 mm pour le fond.
- **Fond et plinthe** :
  - le fond a pour fonction de maintenir l'équerrage du meuble ;
  - les plinthes sont « clipsées » sur les pieds vérins (hauteur entre 100 et 150 mm).
- **Hauteur corps de meuble** (sans pied) : entre 700 et 720 mm.
- **Largeurs standard** des meubles : 500, 600, 800 et 1000 mm.
- **Profondeur** : environ 560 mm.

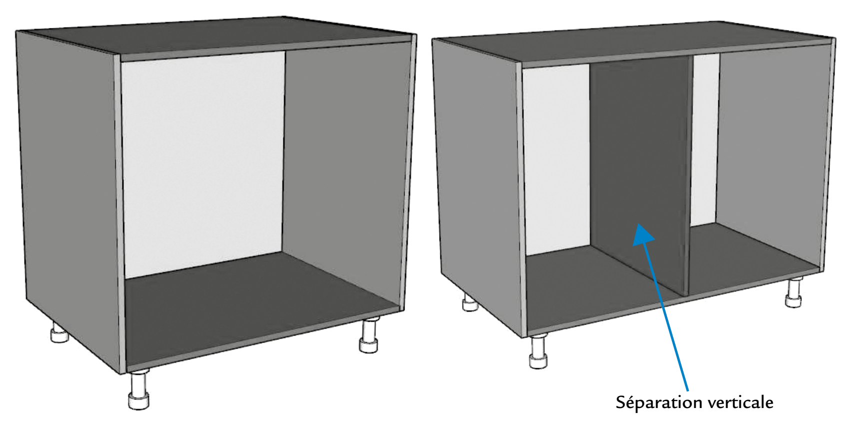


Figure 53.1 Caisson bas longueur inférieure à 1 000 mm

Figure 53.2 Caisson bas longueur supérieure à 1 000 mm

L'ensemble du meuble peut être conçu :

- **démontable** pour faciliter la manutention, le transport et le stockage ;
- **non démontable** pour une meilleure résistance et faciliter la mise en œuvre sur site ;
- **avec deux traverses d'écartement à la place du dessus** si le meuble doit recevoir un plan de travail.

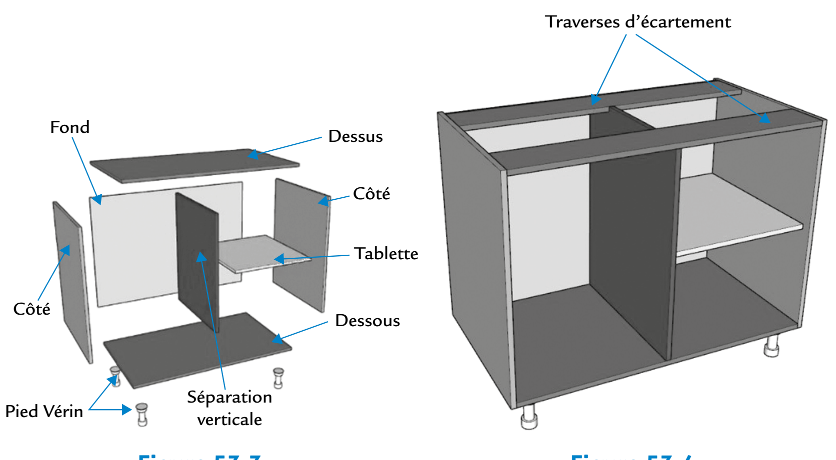


Figure 53.3 Figure 53.4

Conception de base d'un caisson bas type cuisine : fond

Le fond peut être monté :

- en rainure dans le dessus, le dessous et les côtés (fig. 5.3) ;
- en rainure dans le dessus, les côtés pointé ou agrafé dans la traverse d'écartement (fig. 6.3).

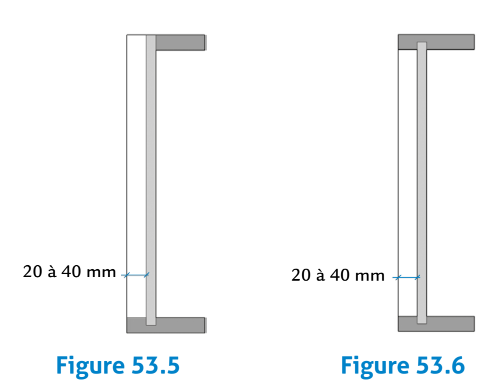


Figure 53.5 Figure 53.6

54. CAISSONS – ASSEMBLAGES

Tableau 54.1 Exemples d'assemblages pour les panneaux dérivés du bois

Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation	Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation
1/2/3/4	Languette rapportée		1/2/3/4	Tourillons	
1/2/3/4	Lamelles		5	À onglet verrouillé	

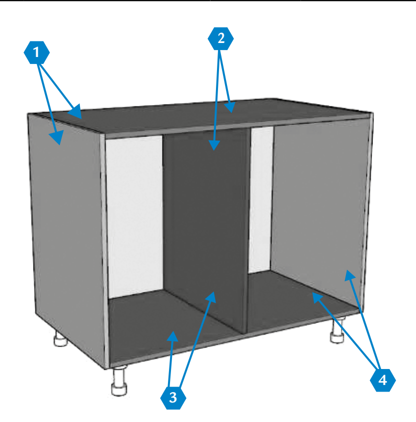


Figure 54.1

55. CAISSONS – SYSTÈME 32

Principes de base du système 32

Le système 32 est basé sur un entraxe de perçages de 32 mm (en référence au pouce, unité de mesure anglo-saxonne) qui correspond à l'entraxe des mèches sur les perceuses multibroches et aux entraxes des perçages des quincailleries dites « modernes » (plaques de charnières invisibles, coulisses métalliques à sortie totale ou partielle, équerres d'assemblages, compas d'abattants, etc.) Cela permet :

- de concevoir des meubles sur un multiple de 32 mm ;
- d'intégrer des quincailleries aisément ;
- d'intervertir les quincailleries ;
- de diminuer les temps et les coûts de fabrication.

Caractéristiques techniques à respecter

Pour la pose des charnières et des coulisses**,** il faut prévoir une rangée de perçages sur toute la hauteur du meuble. La distance de l'axe doit être à 37 mm du chant vertical du panneau.

Symétrie : des perçages haut et bas et des perçages situés à 37 mm des chants verticaux.

Diamètres utilisés :

- 5 mm pour les taquets, les charnières, les coulisses, les goujons, les vis de fixation de quincaillerie et vis d'assemblage ;
- 6 et 8 mm pour les tourillons ;
- 7 mm (dans les côtés de meuble) pour le collet des vis d'assemblage.



NOTA

Les profondeurs varient en fonction des quincailleries.

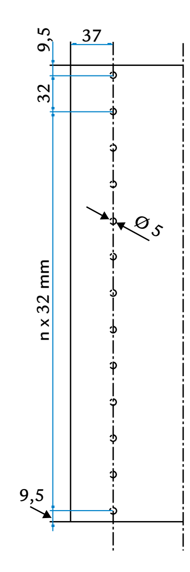
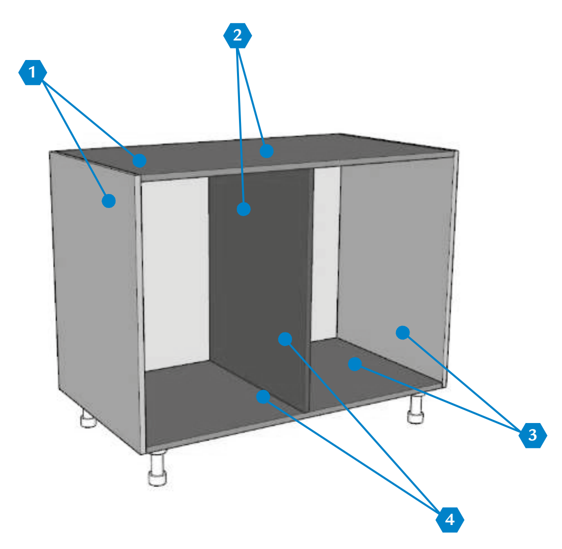


Figure 55.1

56. CAISSONS – COMPOSANTS DU SYSTÈME 32

Les composants pour l'assemblage des panneaux

Figure 56.1 / Tableau 56.1 Exemples de composants pour l'assemblage d'un caisson



Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation	Remarques
1 / 2 / 3 / 4	Boîtiers excentriques diamètre 25 ou 15 mm		Ils permettent le verrouillage de l'assemblage. Ils permettent au meuble d'être démontable.
1 / 2 / 3 / 4	Goujons d'assemblage		Fixés dans les côtés du meuble, ils permettent l'assemblage par excentriques. Ils peuvent se visser directement dans les panneaux ou dans des inserts.

Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation	Remarques
1 / 2 / 3 / 4	Goujons articulés		Ils permettent d'obtenir des assemblages d'angle.
1 / 2 / 3 / 4	Inserts		Ils sont en plastique ou en laiton. Ils permettent de visser les goujons.
1 / 2 / 3 / 4	Vis d'assemblage		Elles permettent le verrouillage de l'assemblage. Elles viennent généralement en complément des tourillons ou des lamelles. Elles permettent au meuble d'être démontable.
	Vis de liaison		Elles permettent de relier les meubles entre eux, afin d'avoir un ensemble solidaire.

Les composants pour les tablettes

Tableau 56.2 Composants pour les tablettes

Rep.	Nom de l'assemblage	Représentation	Remarques
1	Taquet plat		Il peut s'insérer directement dans le panneau ou dans une douille.
1	Taquet cylindrique		Muni ou non d'une collerette.
1	Taquet équerre		Avec ou sans ergots (permettant le maintien en position de la tablette).
1	Taquet pour tablette verre		Muni d'une ventouse ou support plastique transparent.

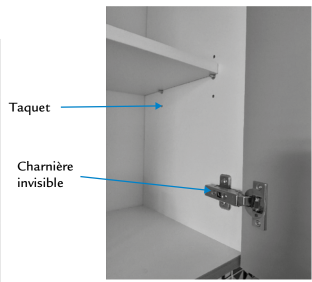


Figure 56.2

Les composants pour les portes

Les charnières invisibles

Ces charnières permettent de dissimuler l'organe de rotation à l'intérieur du meuble. Elles équipent la plupart du mobilier fonctionnel (meubles de cuisine, de salle de bains, bibliothèques, etc.).



Figure 56.3 Charnière invisible

Il existe un grand nombre de types de charnières invisibles qui offrent de nombreuses possibilités d'applications.

Les plus courantes sont les charnières invisibles standard à ouverture de 110°. Elles sont disponibles avec trois coudures différentes :

- **coudure 0 mm** (droit) : pour une pose en applique (fig 4.6) des portes.
- **coudure 9,5 mm** (coudée) : pour une pose en applique partielle des portes (fig 4.6).
- **coudure 16 mm** (coudée haute) : pour une pose encloisonnée (fig 4.6) des portes par rapport aux côtés.

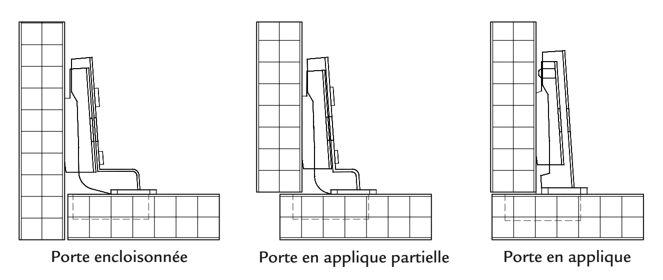


Figure 56.4 Les différentes positions d'une porte

57. CONCEPTION DES PIÈCES ET DES PANNEAUX CINTRÉS

Il faut dans un premier temps différencier les pièces cintrées (courbe sur un seul plan) et les pièces galbées (courbe sur plusieurs plans).

Les pièces galbées sont particulièrement complexes à réaliser. Elles nécessitent un travail de la forme avec des outils manuels. De nos jours, des centres d'usinages multiaxes permettent de réaliser ce type de forme.

Les pièces et les panneaux cintrés ne sont pas conçus de la même manière suivant leurs courbures et leurs dimensions.

Pièces cintrées en bois massif

Pièce simple

La pièce est simplement découpée dans un volume de bois plus grand, appelé pièce capable. Cette méthode est utilisée lorsque la pièce est de faible largeur et avec un rayon de courbure limité par rapport à l'orientation des fibres du bois.

Pièce assemblée en coupe de pierre

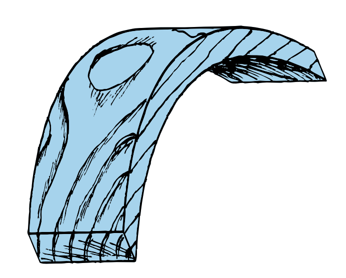
Pour conserver la fibre du bois dans le sens de la courbe de la pièce, la courbe est fractionnée en plusieurs sections.

Ces sections sont assemblées par collage à plat joint (sans assemblage), en chevauchement, du type coupe de pierre.

Pièce cintrée à chaud en bois massif

La pièce en bois massif est cintrée dans le sens des fibres du bois, pour conserver toute sa résistance mécanique.

Pour obtenir la forme cintrée, le procédé consiste à cintrer à chaud une pièce à l'origine plane. Pour cela, on assouplit la pièce momentanément en l'immergeant dans l'eau bouillante ou par traitement autoclave avec de la vapeur surchauffée. Ensuite, on la place sur un calibre et on la maintient en forme par serrage pendant le temps du séchage.



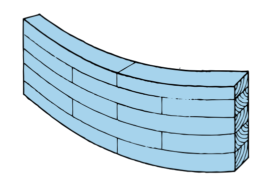


Figure 57.1 Pièce massive simple. Assemblage en coupe de pierre

Pièce cintrée en lamellé-collé

La pièce cintrée est constituée de plusieurs lamelles, toutes orientées dans le sens de la courbe. Suivant le rayon du cintre et la résistance souhaitée, l'épaisseur et le nombre des lamelles peuvent varier énormément. Plus la pièce possède de lamelles nombreuses et fines, plus elle sera résistante.

Les avantages sont :

- une très grande résistance mécanique à la flexion ;
- une stabilité importante du produit fini ;
- la possibilité de réaliser des pièces de très grande longueur.

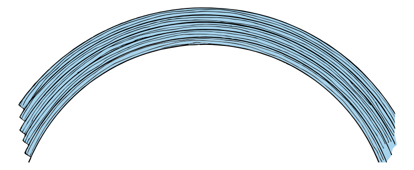


Figure 57.2 Assemblage en lamellé-collé

CHARPENTE LAMELLÉ-COLLÉ

Procédé permettant d'obtenir des pièces ou des poutres de très longue portée, qu'elles soient cintrées ou rectilignes. Les lamelles sont alors rallongées par un assemblage en enture multiple aux extrémités.

Panneaux cintrés

Les critères pour choisir la structure d'un panneau cintré sont :

- le type d'ouvrage et ses dimensions ;
- le rapport qualité/prix, souvent corrélé avec les temps de fabrication ;
- les équipements disponibles et les techniques pratiquées.

Panneau en contreplaqué cintré

Également appelé panneau multiplis, le contreplaqué est constitué d'une superposition de couches de bois mince, appelé contreplaque. Ces plis (trois au minimum) sont toujours en **nombre impair et croisés à 90 degrés.**

Les essences pour les plis peuvent être du samba, du bouleau, du hêtre, du peuplier ou de l'okoumé. L'épaisseur des plis (entre 0,6 et 5 mm) varie suivant la résistance mécanique recherchée et la courbure du cintre.

Le procédé de fabrication est long et relativement coûteux, mais donne un panneau de grande qualité et très résistant.

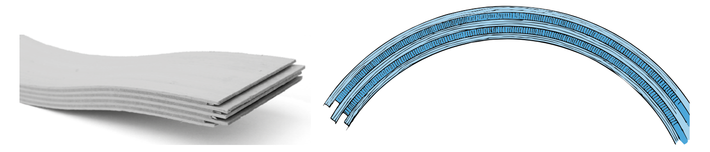


Figure 57.3 Assemblage en contreplaqué (plis croisés)

On utilise de plus en plus du **contreplaqué souple dit « cintrable »** pour réaliser ce type de panneau. Il a l'avantage d'être moins coûteux, plus facile et rapide à mettre en œuvre.

Le pli central est très mince, alors que les deux plis extérieurs sont épais et en bois tendre, ce qui donne une grande souplesse au panneau dans le sens transversal au fil du bois apparent. Il existe en épaisseur de 5, 7 et 9 mm.

Panneau en latté cintré

L'âme (le pli central) est constituée de lattes juxtaposées, fixées par collage à plat joint. L'ensemble est recouvert de deux plis de contreplaque, croisés à 90 degrés avec les lattes. Les lattes sont orientées dans le sens transversal à la courbe. Pour obtenir un joint de qualité entre les lattes, elles doivent toutes avoir une section de forme trapézoïdale.

Ce type de panneau traditionnel est très long à réaliser, mais présente une excellente résistance mécanique (dans le sens des lattes) et un faible poids.

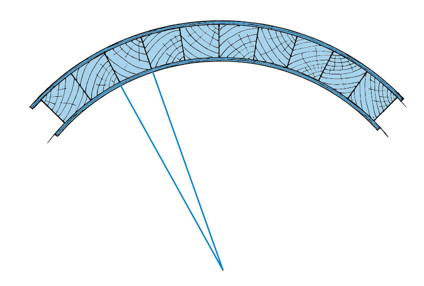


Figure 57.4 Assemblage en multiplis avec âme en latté

Sur le même principe, la méthode de fabrication de l'âme peut varier.

Panneau avec âme en bois massif rainurée

Pour assouplir un bois avant de le maintenir par collage, il est possible de couper partiellement les fibres du bois par une rainure, afin de réduire sa résistance à la flexion.



Figure 57.5 Assemblage en multiplis avec âme en massif rainurée

Panneau en MDF cintrable

Le MDF cintrable est un panneau de fibre de moyenne densité (épaisseur de 8 et 9,5 mm). Il est déjà commercialisé avec les rainures, ce qui lui confère la souplesse nécessaire. Il est souvent choisi pour sa rapidité de mise en œuvre et son coût très faible, mais la résistance mécanique du produit fini est très moyenne.

Ce type de panneau ne nécessite pas le collage de contreplaque supplémentaire, car il peut être composé de deux épaisseurs collées avec les rainurées l'une en face de l'autre.

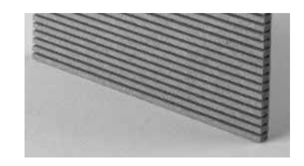


Figure 57.6 MDF rainuré

58. CONCEPTION D'UN MOULE

La réalisation d'une pièce ou d'un panneau cintré passe obligatoirement par la fabrication préalable d'un moule. Cette étape étant longue et coûteuse en matière, il est toujours intéressant d'optimiser cet investissement. **Le principe du moulage** consiste à appliquer de la colle entre plusieurs couches de bois et de les serrer dans le moule. Une fois que la colle est sèche, le panneau conserve la forme du moule. Ce dernier sert de matrice et de référence pour la forme, tandis qu'un **contre-moule** sert à appliquer et à serrer le panneau contre le moule.

Composition d' un moule

1 **Les nervures** (ou « supports ») donnent la courbure au moule. Elles peuvent être réalisées en bois massif ou en panneau dérivé. Les chants sont chantournés suivant la courbure du panneau à cintrer.

2 **Les traverses de liaison** maintiennent l'écartement entre les nervures et répartissent la force du serrage.

3 **Les tabliers** (ou « berceaux ») sont constitués :

- soit en lattes de bois (principe identique au panneau latté) nécessitant une reprise manuelle de la forme ;
- soit en bois massif assoupli par rainure ;
- soit en panneau contreplaqué cintrable ou MDF cintrable.

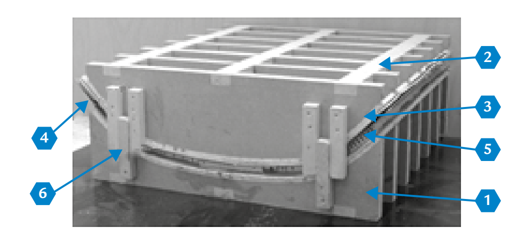


Figure 58.1 Moule et contre-moule

4 **Les cartons et les papiers** servent à protéger, à compenser les défauts de surface et à comprimer le placage (ou le stratifié).

5 **Le panneau à cintrer** a une structure très variable.

6 **Les systèmes de guidage** maintiennent le contre-moule dans l'axe du moule.

59. MOULAGE PAR DÉPRESSION

Pour mouler et plaquer des **surfaces cintrées et galbées**, on utilise de plus en plus des systèmes de serrage par dépression, qui **économisent la fabrication de la contre-forme**. Le principe est de remplacer cette dernière par une membrane en caoutchouc qui va épouser le moule par dépression de l'air intérieur.

Système par poche et pompe portative

Le procédé est le suivant :

- On installe le moule dans une poche spéciale, puis par-dessus les pièces du panneau à mouler déjà encollées.
- On ferme la poche.
- Ensuite, l'air est extrait de la poche par une pompe à vide. Cette dépression interne exerce une force de pression sur l'extérieur de la poche dans toutes les directions. Cette force amène les pièces de bois à épouser la forme du moule.

Ce système possède de nombreux avantages, comme la **possibilité de serrer des pièces de très grande longueur**, son coût d'achat accessible et son faible encombrement après utilisation.

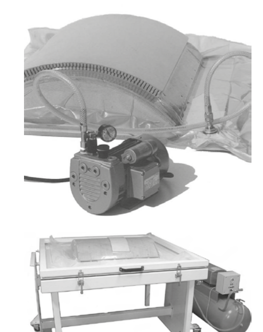


Figure 59.1 Systèmes de serrage par dépression

Système par machine à membrane

Le moule et les pièces sont posés sur une table, puis un cadre avec une membrane est positionné dessus, et la pompe à vide vient créer la dépression.

Ce système est plus rapide à utiliser au quotidien que la poche, mais **les dimensions des pièces sont limitées à celles du cadre de la machine**.

CHOIX DES COLLES POUR PANNEAU CINTRÉ

Les colles les plus appropriées sont l'urée-formol, la mélamine, la résorcine, le phénol-formol et le polyuréthane.

La colle vinylique reste « élastique » après le collage. La courbure du panneau moulé aura tendance à revenir vers une forme plus plane.

60. ESCALIERS – GÉNÉRALITÉS ET CARACTÉRISTIQUES

Généralités

Un escalier est constitué de marches, de contremarches, de limons et/ou de crémaillères. Il est construit dans un espace appelé cage. En général, il s'appuie d'un côté contre un mur et donne de l'autre côté sur un vide (jour) ; il reçoit souvent une rampe avec une main courante afin d'assurer la protection des personnes.

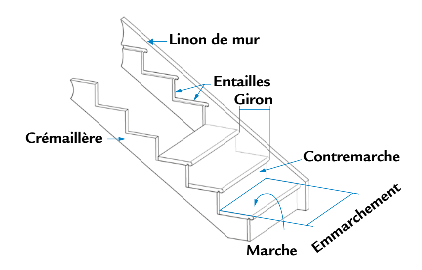


Figure 60.1 Vocabulaire escalier

Les limons et les crémaillères

Il existe deux grandes familles d'escalier :

L'escalier à la française : présente des limons de largeurs constantes et des marches et contremarches entaillées dans ces derniers.

L'escalier à l'anglaise : présente des limons découpés en forme de crémaillère, sur lesquels sont fixées les marches et contremarches.

Les différents types d'escalier

- Escalier de meunier.
- Escalier droit.
- Escalier circulaire.
- Escalier à quartier tournant.
- Escalier à palier de repos.
- Escalier à limon central.
- Escalier escamotable.

Figure 60.2 Escalier circulaire

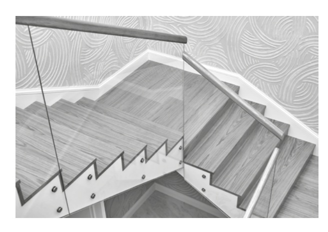


Figure 60.3 Escalier à palier de repos

Caractéristiques techniques

Le module de Blondel

Lorsqu'une personne marche sur un plan horizontal, la longueur moyenne de son pas est de 63 cm. Pour les escaliers, on considère qu'un pas normal correspond à deux hauteurs de

marches, plus une largeur de marche (un giron). On obtient donc **le module dit « de Blondel » : M = 2H + G**, avec :

- M = module (distance comprise entre 60 et 64 cm) ;
- H = hauteur de marche ;
- G = giron.

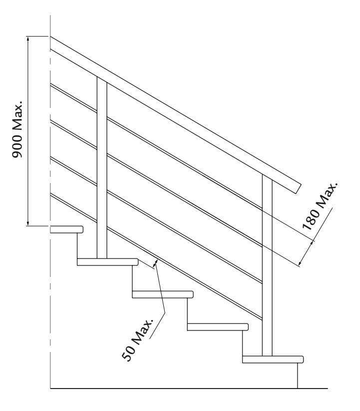
Classement d'usage des escaliers

On distingue trois classes d'usage d'escalier en fonction du rapport H/G :

- escalier raide : 1 ≤ H/G ;
- escalier courant : 1< H/G ≤ 0,78 ;
- escalier confortable : 0,78 > H/G.

Dimensions

- La **hauteur des marches** est comprise entre 170 et 210 mm.
- Le **giron** mesure entre 210 et 270 mm (280 mm pour les ERP).
- La **marche de départ** ± 35 mm de haut par rapport aux autres marches.
- L'**échappée** doit être au mois de 1,90 m (au moins 2,20 m dans les lieux publics).
- L'**emmarchement** est au minimum de 70 cm.



Concernant le garde-corps

Même si l'escalier est pris entre deux parois, une main courante est obligatoire.

- La distance maximale entre deux balustres est de 11 cm.
- Pour une rampe comprenant des vides entre des éléments parallèles à la pente, le vide mesuré perpendiculairement à la pente ne doit pas être supérieur à 18 cm.
- La norme est : NF P01-012.

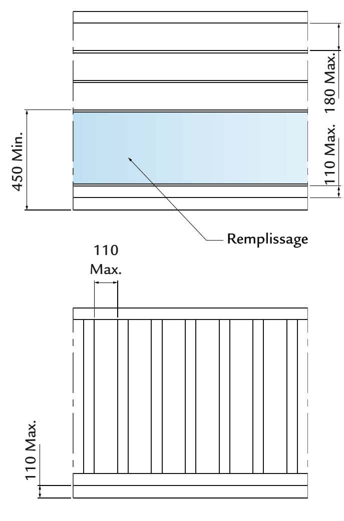


Figure 60.4 Garde-corps

61. ESCALIERS – TRAÇAGE ESCALIER BALANCE

Traçage de marches balancées avec la méthode de la herse

A. **Tracer** la ligne de foulée (dans l'axe de l'escalier).

B. **Reporter** la largeur des marches sur la ligne de foulée en partant de la marche de départ (à partir du n° 1). On obtient ainsi le recul de l'escalier.

✓ **Important** : tracer à l'échelle du dessin.

C. **Tracer** les marches droites (de 8 à 17).

D. **Repérer** les points A, B, C, O et M (qui correspondent à l'intersection de la ligne de foulée avec la droite BO).

✓ **Précision : la droite BO n'est pas une marche**. C'est une droite qui permet de séparer en deux parties l'escalier pour le traçage des marches balancées.

E. **Utiliser** la herse n° 1 pour tracer les marches balancées n° 2, 3 et 4.

F. **Reporter** sur l'axe horizontal la distance **AB**.

G. **Repérer** sur la droite verticale les trois largeurs de marches (280 mm). Cela donne les points 2, 3 et 4.

✓ **Important** : on reporte le nombre de marches entières situées **avant la droite BO.**

H. **Mesurer**, sur la ligne de foulée, la distance entre la marche 4 et le point M.

I. **Reporter**, sur l'axe vertical de la herse n° 1, la distance précédente afin d'obtenir le point M sur la herse.

J. **Relier** les points 2, 3, 4 et M au point B.

K. **Tracer** un arc de cercle de rayon AB ayant comme centre le point A.

L. **Repérer** le point M' qui correspond à l'intersection de l'arc de cercle avec la droite BM.

M. Repérer les points 2', 3' et 4' sur la herse.

N. Sur la vue de dessus de l'escalier, reporter sur la droite AB les distances **A2', 2'3' et 3'4' mesurées sur la herse n° 1.** Ce sont les largeurs aux collets des marches balancées.

O. Tracer les droites **2-2',3-3' et 4-4'**.

P. Appliquer la même méthode pour tracer le balancement des marches 5 à 9.

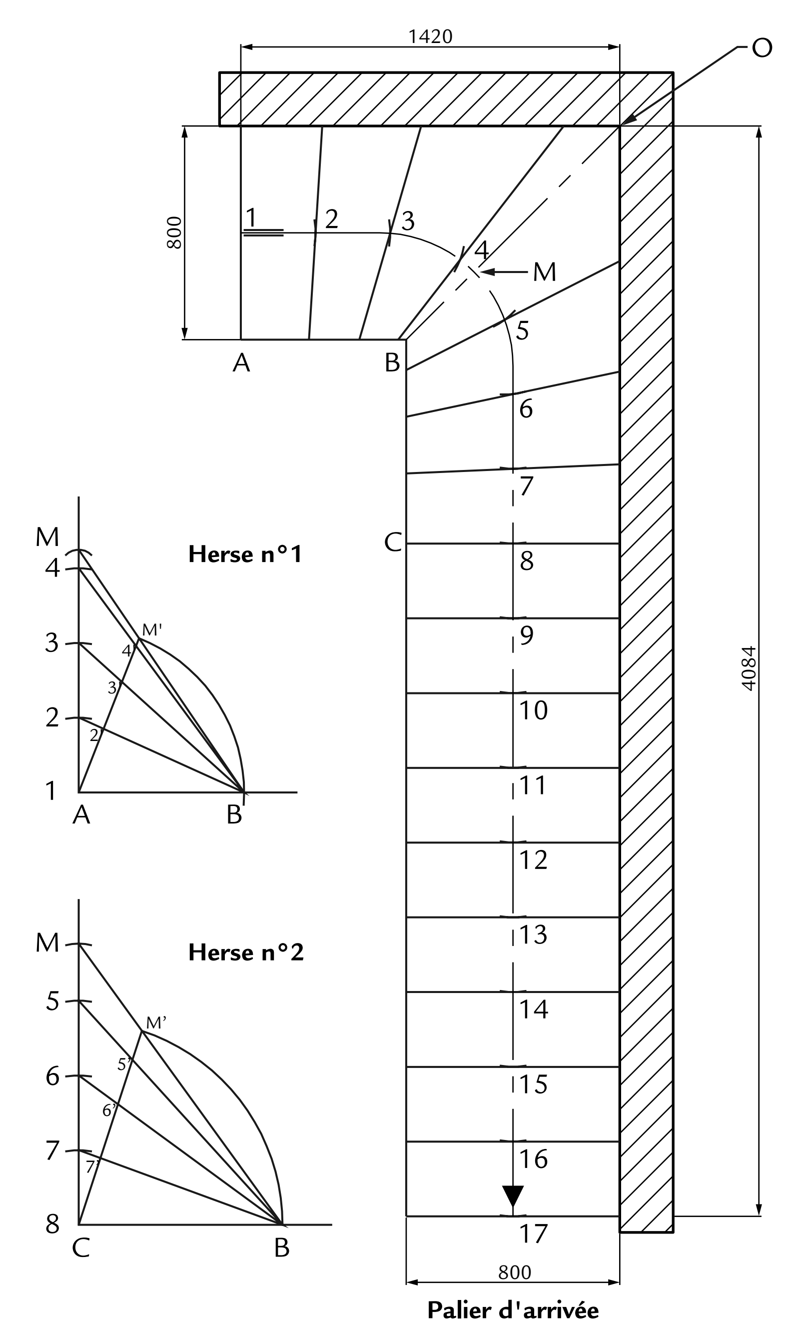


Figure 61.1 Traçage des marches balancées à l'aide d'une herse

62. PARQUETS EN BOIS MASSIF

On utilise le terme « parquet » pour les revêtements de sol en bois ou à base de bois **dont le parement a au moins 2,5 mm d'épaisseur** (norme NF EN 13-756). La pose de ces parquets peut être clouée, collée ou flottante (ils ne sont alors pas fixés au support).

Les différents types de parquets en bois massif

Lame en bois massif

C'est une lame de bois d'épaisseur régulière à rainure et languette qui permettent l'assemblage des différentes lames entre elles. Ces lames sont soit **clouées sur lambourdes ou collées sur le sol**.



Figure 62.1 Lame en bois massif

Parquet à chants plats (mosaïque)

Le parement est composé de lamelles rectangulaires à plat en bois massif peu épaisses (environ 10 mm). L'ensemble forme un **motif géométrique**. Ce panneau est assemblé sur un filet de nylon. **L'ensemble est collé**.

Parquets contrecollés

C'est un ensemble composé d'une **couche d'usure en bois massif de 2,5 mm d'épaisseur au minimum**. Ce parement est collé sur un support qui peut être un élément en bois (latté) ou un dérivé du bois (MDF, panneau de particule, contreplaqué, etc.). Le parquet possède un contre-balancement en massif ou en dérivé du bois. Il est à rainure et languette et **sa pose est flottante**.

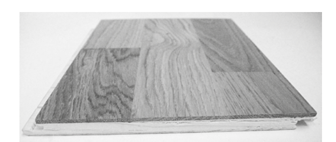


Figure 62.2 Parquets contrecollés

Parquet en bois de bout

C'est un panneau composé de lamelles rectangulaires à plat dont le parement est en bois de bout. Ce panneau est **assemblé sur un filet de nylon**.

Lamelles sur chant

C'est un panneau composé de lamelles rectangulaires sur chant qui forment un parquet assez épais. Ce panneau est **assemblé sur un filet de nylon**.

Les décors normalisés

À l'anglaise à coupe perdue

Les lames sont disposées parallèlement, la jonction aux extrémités est faite au hasard en fonction de leurs longueurs.

À l'anglaise à joints sur lambourdes

Les lames sont disposées parallèlement, la jonction aux extrémités s'effectue sur les lambourdes. Les lames sont de longueurs égales.

À l'anglaise à coupe de pierre

Les lames sont disposées parallèlement, la jonction aux extrémités se fait de façon régulière un rang sur deux. Les lames sont de longueurs égales.

À bâtons rompus

Les lames sont disposées perpendiculairement entre elles suivant un angle à 45 degrés par rapport aux parois et/ou aux lambourdes. Elles sont de mêmes dimensions et les extrémités sont coupées à angle droit. La jonction s'effectue sur les lambourdes.

En point de Hongrie

Les lames sont coupées aux extrémités suivant un angle de 45 ou 60 degrés. Elles sont de longueurs égales et forment des travées parallèles.

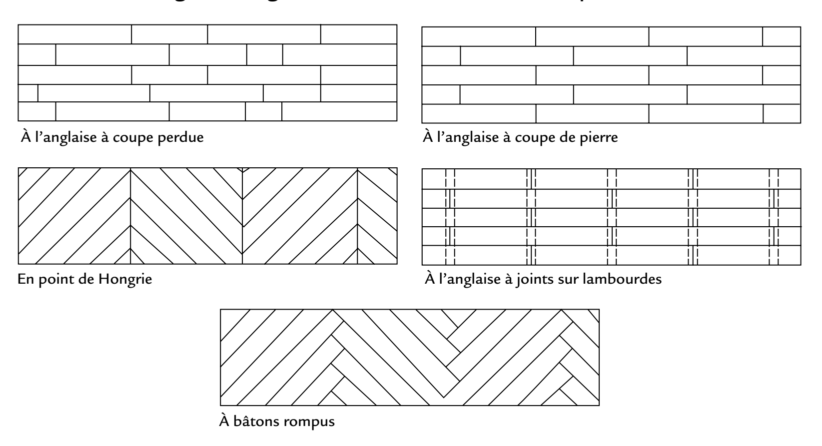


Figure 62.2 Les décors normalisés

Finition

La finition du parquet doit être adaptée en fonction du trafic et de l'usure (voir les essences de bois utilisables à la fiche 63. Un parquet peut être vernis, encaustiqué ou huilé.

63. PARQUET MASSIF – CHOIX DES ESSENCES

Tableau 63.1 Essences utilisables

Parquet	Essences				
	Chêne	Châtaignier	Hêtre	Résineux	Bois tropicaux
Massif	X	X	X	X	X
Mosaïque	X	X			X
À coller	X				X
Contrecollé	X	X			X
En bois de bout	X			X	X
Lames sur chant	X	X			X

Tableau 63.2 Classes de dureté des essences de bois

Classe de dureté	Essences
A (dureté Brinell entre 10 et 20 N/mm²)	Aulne, épicéa, pin sylvestre, sapin
B (dureté Brinell entre 20 et 30 N/mm²)	Bouleau, bossé, châtaignier, mélèze, merisier, noyer, pin maritime, sipo, teck
C (dureté Brinell entre 30 et 40 N/mm²)	Afrormosia, angélique, charme, chêne, érable, eucalyptus, frêne, hêtre, iroko, makoré, moabi, movingui, orme
D (dureté Brinell > 40 N/mm²)	Cabreuva, doussié, ipé, jatoba, merbau, wengé

64. REVÊTEMENTS DE SOL STRATIFIÉS

Constitution

Ces revêtements de sol sont des lames, qui comprennent les éléments suivants :

1. **un parement** constitué d'un overlay (résine) transparent résistant à l'usure ;
2. **une feuille de papier décor** et plusieurs feuilles imprégnées d'une résine thermodurcissable (mélamine) ;
3. **une âme** (c'est le support) généralement constituée d'un panneau de particules, d'un panneau de fibres de moyenne densité (MDF) ou d'un panneau de fibres de haute densité (HDF) ;

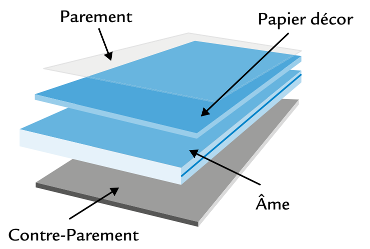


Figure 64.1 Constitution revêtement de sol stratifié

4. **un contre-parement** constitué de feuilles de papier imprégnées de résine ou d'un placage bois. Ce contre-parement sert à contrebalancer et à stabiliser le produit. En outre, ces lames peuvent intégrer en contre-parement un isolant phonique.

Nota : certaines âmes sont hydrofuges pour les pièces humides.

Finitions

Ces revêtements de sol stratifiés sont livrés finis. Il existe une variété de décors pour répondre aux attentes esthétiques des architectes et des clients.

Ils ont pour avantages d'être plus stables que les parquets en bois massif et de résister à la plupart des produits chimiques ménagers et solvants organiques (white spirit, acétone, etc.).

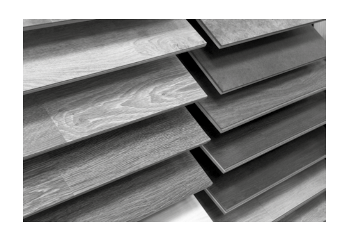


Figure 64.2 Différentes finitions du stratifié

65. CLASSEMENT D'USAGE

En France, il existe deux normes pour déterminer le niveau de performance des revêtements de sol d'un local. Les parquets et les revêtements de sol stratifiés sont soumis à ce classement d'usage.

La norme UPEC

Établie sous le contrôle du Centre scientifique et technique du bâtiment, la norme UPEC détermine le classement d'usage des revêtements de sol.

Ce classement intègre les conditions d'usage en matière :

- **d'usure (U)** : on y adjoint un des indices suivants : 2, 2s, 3, 3s ou 4 ;
- **de poinçonnement statique ou dynamique (P)** : on y adjoint un des indices suivants : 2, 3, 3s, 4 ou 4s ;
- **de présence d'eau accidentelle ou régulière (E)** : on y adjoint un des indices suivants : 1, 2 ou 3 ;
- **d'attaques de produits chimiques (C)** : on y adjoint un des indices suivants : 0, 1, 2 ou 3.



LES INDICES

Les performances du revêtement de sol sont caractérisées par l'association des quatre lettres munies d'indices. Plus l'indice est élevé, plus la sévérité d'usage est grande.

Le cahier 3509 du CSTB indique, pour chaque type de local, le classement UPEC minimal exigé pour le revêtement de sol.

La norme NF EN ISO 10874

Cette norme européenne établit un système de classification pour les revêtements de sol stratifiés et pour les revêtements de sol souples.

La classification est basée en fonction des zones d'utilisation et de l'intensité de l'usage (du passage). Ces classes sont identifiées par un nombre et/ou un symbole.

Le chiffre des dizaines correspond à la nature du local :

- 2 : domestique ;
- 3 : commercial ;
- 4 : industriel.

Le chiffre des unités correspond à l'intensité du trafic :

- 1 : modéré ;
- 2 : général ;
- 3 : élevé ;
- 4 : très élevé.

Tableau 65.1 Clef de passage d'un système à l'autre

Classement du local	Classement européen	Classement UPEC
Domestique modéré	21	U2 P2
Domestique général	22	U2S P2
Domestique élevé	23	U2S P3
Commercial modéré	31	U3 P2
Commercial général	32	U3 P3
Commercial élevé	33	U3S P3

Tableau 65.2

Classement d'usage norme européen				
Épaisseur de la couche d'usure – e – (en mm)	Classe de dureté			
	A	**B**	**C**	**D**
2,5 ≤ e < 3,2	21	21	23	31
3,2 ≤ e < 4,5	21	22	31	33
4,5 ≤ e < 7	22	23	33	34
e ≥ 7	22	31	34	41

66. MISE EN ŒUVRE DES PARQUETS ET SOLS STRATIFIÉS

Type de parquet et type de pose

Tableau 66.1

Type de parquet	Type de pose	DTU
Lame en bois massif	Clouée sur lambourdes	N° 51.1
	Pose collée	N° 51.2
Parquet à chants plats (mosaïque)	Pose collée	N° 51.2
Parquet contrecollé	Pose collée	N° 51.2
	Pose flottante	N° 51.11
Parquet en bois de bout	Pose collée	N° 51.2
Lamelle sur chant	Pose collée	N° 51.2
Revêtement de sol stratifié	Pose flottante	N° 51.11

Préparation du chantier

Réception du local

La pièce à parqueter doit être à l'abri des intempéries, menuiseries et vitrages posés, local aéré et à une température minimale de 15 °C. L'humidité relative du local doit être comprise entre 40 et 65 %. Pendant son stockage, le parquet doit être protégé des remontées d'humidité.

Réception des supports

- Les supports doivent avoir une humidité inférieure à 3 % à 2 cm de profondeur.
- La planéité de la dalle doit avoir une flèche inférieure à :
  - 5 mm sous une règle de 2 m posée au sol ;
  - 1 mm sous un réglet de 20 cm posé au sol.
- Le support doit subir un nettoyage complet.

Stockage

Le parquet doit être **stocké au moins huit jours dans le local où il sera posé** afin de pouvoir s'adapter au taux d'hygrométrie.

Orientation des lames et traçage

Les lames de parquet sont orientées perpendiculairement au mur recevant le plus de lumière naturelle. Dans un couloir les lames sont orientées dans

le sens de la longueur. Dans le cas d'un décor à bâtons rompus ou en point de Hongrie, il est nécessaire d'**effectuer le traçage d'un axe de référence** pour démarrer la pose et d'effectuer le calepinage du parquet.

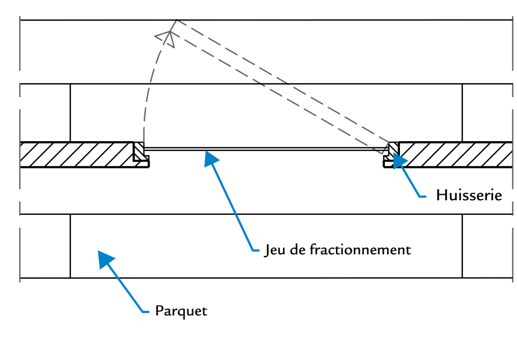


Figure 66.1 Jeu de fractionnement

Jeu de dilatation

Prévoir un jeu de dilation, en périphérie du local, de 5 à 8 mm minimum ou de 0,15 % des dimensions de la pièce.

Jeu de fractionnement

Un jeu de fractionnement sera réalisé au milieu de la feuillure de l'huisserie, même si les deux pièces contiguës possèdent la même nature de sol. Ce jeu sera dissimulé lorsque la porte sera fermée et il sera recouvert par une barre de seuil.

Points particuliers pour la pose

Pose clouée sur lambourdes (DTU N° 51.1)

Les lambourdes ont une section de 80 × 27 à 34 mm. Elles sont posées à joints décalés avec un entraxe de 40 cm. Elles sont calées et chevillées ou collées en fonction du support. Elles peuvent être aussi scellées au plâtre ou au ciment sur toute leur longueur et sur les deux côtés de la lambourde. Les lames sont posées perpendiculairement ou à 45 degrés par rapport aux lambourdes et fixées par clouage dans les languettes.

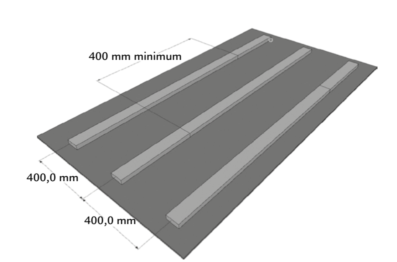


Figure 66.2 Lambourdes

Pose flottante (DTU N° 51.11)

Le parquet ne repose pas directement sur le support, mais sur :

- une **sous-couche** permettant d'améliorer le confort acoustique, thermique et de compenser les irrégularités du support. Il est donc nécessaire de sélectionner la bonne sous-couche en fonction des contraintes du chantier ;
- un **film pare-vapeur** qui évite les remontées d'humidité.

Les lames du parquet seront posées perpendiculairement à la sous-couche.



Figure 66.3 Pose flottante

67. AGENCEMENT D'UNE CUISINE

L'agencement d'une cuisine doit permettre de limiter les déplacements entre les **trois centres d'activité** que sont :

- **le rangement** (meubles de rangement et réfrigérateur) ;
- **la cuisson** ;
- **le nettoyage**.

En reliant ces trois postes, on obtient le triangle d'activité. Plus la distance à parcourir dans ce triangle est courte, plus on travaille vite et moins on se fatigue. Il est nécessaire de tenir compte de ce principe dans la conception d'une cuisine.

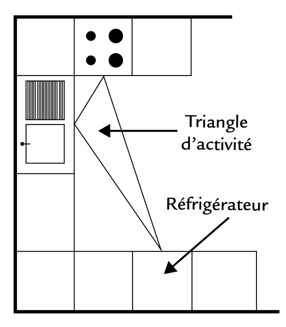


Figure 67.1 Triangle d'activité

Les principaux meubles d' une cuisine

- **Le meuble bas de rangement** : équipé de tiroirs et/ou de portes, il permet de stocker les boîtes de conserve, les couverts, etc. Il repose généralement sur des pieds vérins réglables en hauteur, avec une plinthe venant se clipser dessus.
- **Le meuble bas pour l'électroménager encastrable :** il permet de conserver une ligne esthétique à la cuisine tout en intégrant les appareils de type lave-vaisselle.
- **Le meuble haut de rangement** : il est destiné à être fixé au mur, au-dessus du plan de travail.
- **Le bloc-évier (meuble bas)** : il intègre l'évier et un meuble sous évier destiné à divers rangements.
- **Le plan de travail** : élément horizontal placé sur un ou plusieurs meubles bas et destiné à servir de poste de travail.
- **L'armoire de rangement** : ce meuble continu part du sol et s'arrête au niveau supérieur du meuble haut. Il peut être équipé d'une ou plusieurs portes. Il intègre divers équipements destinés au stockage des aliments ou des ustensiles de cuisine.

Les quatre configurations de base de la cuisine

La cuisine en longueur

Cette cuisine convient pour les pièces en longueur. Les éléments sont posés en ligne continue sur un même mur. On y retrouve les postes de travail les plus importants (préparation, cuisine, nettoyage). Cette cuisine généralement étroite ne permet pas l'installation d'une table de cuisine. Attention à ne pas dépasser 290 cm de longueur : au-delà, les parcours au sein de la pièce seraient trop longs.

Cuisine en lignes parallèles

Deux murs parallèles sont équipés d'éléments de cuisine. Sur un mur, on dispose les éléments de rangement. Sur le mur d'en face, on retrouve les activités de préparation et de cuisson.

La cuisine en L

Dans cette configuration, l'évier et le coin cuisson peuvent être disposés près de l'angle. Cette disposition permet de limiter les déplacements. L'évier sera placé de préférence sous la fenêtre pour bénéficier de l'éclairage naturel. L'espace restant libre permettra l'installation d'un coin repas.

La cuisine en U

Cet aménagement est surtout utilisé dans des espaces carrés ou rectangulaires de surface moyenne. Pour éviter de trop grands déplacements, on regroupera les activités de préparation et de cuisson sur un même mur ou des deux côtés d'un angle. Le dernier mur sera consacré aux meubles de rangement.

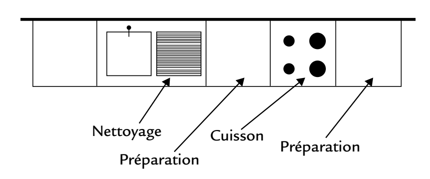
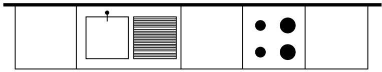


Figure 67.2



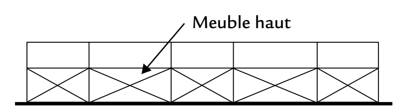


Figure 67.3

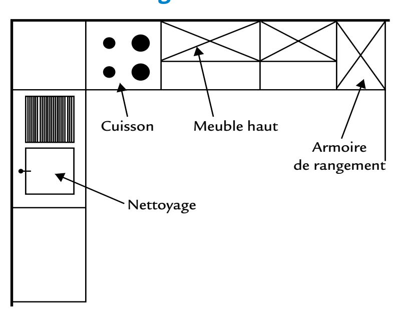


Figure 67.4

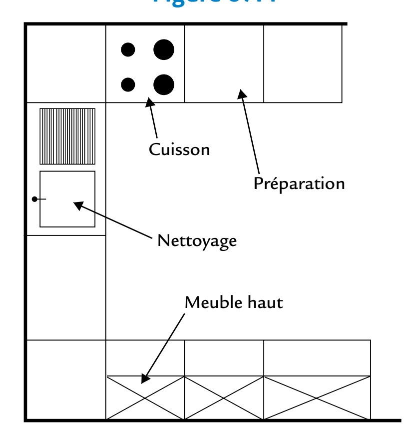


Figure 67.5

 **POUR ALLER PLUS LOIN**

Pour plus de précisions, voir les normes NF D 62-020 et NF D 62-023.

68. ERGONOMIE DANS L'AMEUBLEMENT ET L'AGENCEMENT

L'homme a toujours porté un intérêt particulier aux rapports dimensionnels entre les objets et son propre corps pour son confort personnel. Les actuelles proportions moyennes du corps sont les suivantes :

- une personne de taille moyenne mesure 1,75 m ;
- la hauteur d'épaule se situe à 1,50 m du sol ;
- la hauteur du regard pointe à 1,63 m ;
- le bras tendu verticalement s'élève à 2,20 m ;
- l'envergure des bras tendus à l'horizontale est de 1,75 m.

Les dimensions standardisées

De nos jours les dimensions standard utilisées dans l'ameublement traditionnel sont les suivantes :

- une **assise de fauteuil de salon** est située à 0,4 m du sol (et le dossier est incliné entre 10° et 15°) ;
- une **assise de chaise**, à 0,45 m ;
- un **dessus de table**, de bureau ou de guéridon entre 0,7 et 0,8 m ;
- un **buffet** ou un **chiffonnier**, à 0,95 m ;
- un **bar**, à 1,10 m.

Exemples dans le domaine de l'agencement

Cuisine

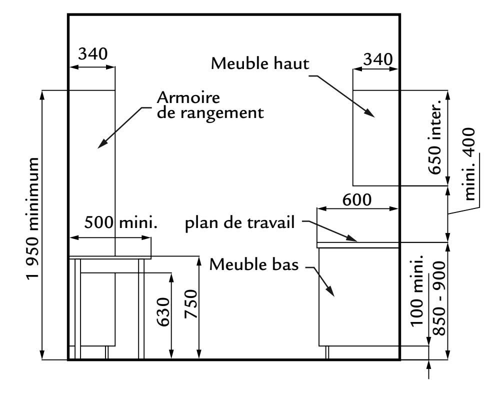


Figure 68.1

Tableau 68.1

Éléments	Hauteur	Profondeur	Largeurs courantes
Meuble bas avec plan de travail	Entre 850 et 900 mm	600 mm	600, 800, 1 000 et 1 200 mm (module de 300 ou 400 mm)
Armoire de rangement	Min. 1 950 mm	340 mm avec portes (300 mm utile)	
Meuble haut	650 mm intérieur du meuble	340 mm avec portes (300 mm utile)	
Table de cuisine	750 mm	500 minimum	800 minimum

Armoire de rangement

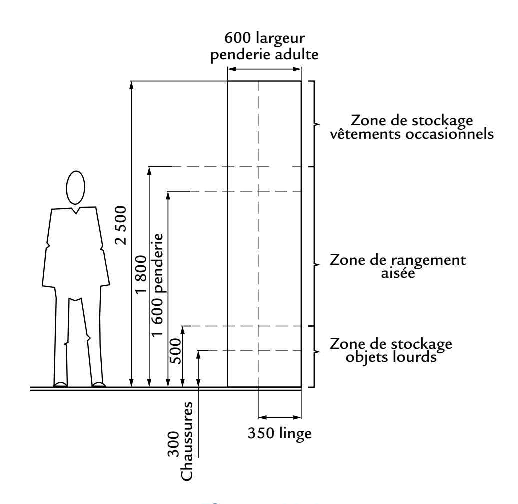


Figure 68.2

Poste de travail

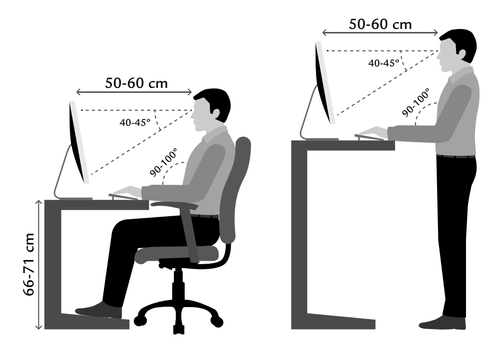


Figure 68.3

69. RELEVÉ DE MESURES SUR CHANTIER

Le relevé de mesures sur site (ou chantier) des différentes dimensions du local est nécessaire en vue d'établir les plans d'ensemble du projet, les plans de fabrication des ouvrages souhaités par le client et de préparer le futur chantier. **Il intervient en amont de toute autre opération**.

Méthode

La première opération consiste à dessiner un **croquis en deux dimensions** reprenant les formes générales de la pièce ou du local (en respectant les proportions) en indiquant les différentes ouvertures de baie, la tuyauterie, les cheminées, etc.

Le croquis représentera la pièce ou le local en vue de dessus et pourra être complété par des croquis représentant **des élévations ou des coupes verticales** de la pièce afin d'apporter le maximum d'informations.

Il convient de relever :

- **les emplacements et les dimensions** des portes, des croisées, des radiateurs, des canalisations, des poutres, des colonnes, des trappes de visite, etc. sur un même pan de mur (repères 1). On reportera ces dimensions sur une vue de dessus du local ;
- **les hauteurs et les positions verticales** des éléments précédents. Ces dimensions seront relevées sur une élévation (repères 2) ;
- **le sens d'ouverture des portes** ;
- **la longueur totale des pans de murs** (repères 3) pour contrôler l'addition des cotes intermédiaires ;
- **l'épaisseur des murs** ;
- **les hauteurs sous plafond** (HSP) à différents endroits de la pièce ou du local. Ces hauteurs seront notées sur le relevé aux endroits où elles ont été prises (repère 5) ;
- **un maximum de diagonales**. Cela permettra, par triangulation, de déterminer l'angle entre deux pans murs (repère 4) et les positions des éléments les uns par rapport aux autres (repère 5), mais aussi de pouvoir établir avec précision la mise au plan de l'implantation du local une fois revenu au bureau d'études (repères 6).

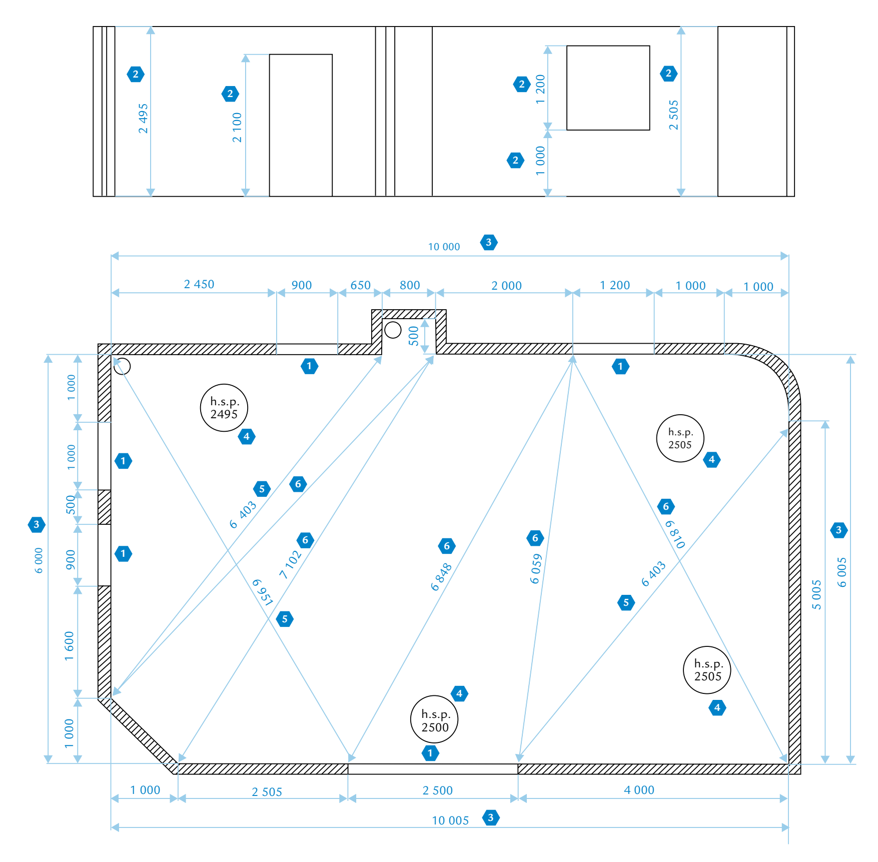


Figure 69.1 Exemple d'un relevé de mesures

> **REMARQUE**
>
> Afin d'éviter de surcharger le relevé de mesures, de dimensions, il est possible de préciser sur un croquis les cotes linéaires et sur un autre croquis les diagonales.

Moyens

Le relevé de mesures peut s'effectuer avec des outils de mesures traditionnels tels que les mètres, décamètres, cannes de mesures télescopiques, mais aussi avec des moyens modernes tels que les télémètres laser, jumelles télémètre ou autres.

70. DIFFÉRENTS RELEVÉS SUR CHANTIER

Relevé d' une baie

Méthode

- Relever les hauteurs et les largeurs nominales de baies.
- Relever la position verticale des baies à l'aide du trait de niveau.

Moyens

Le relevé des baies peut s'effectuer avec un mètre-ruban, un décamètre, mais aussi avec un mesureur de fenêtre télescopique ou un télémètre.

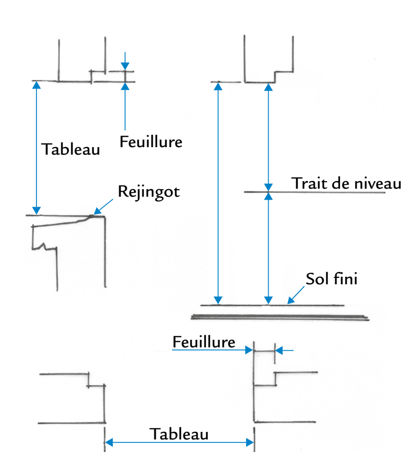


Figure 70.1 Exemple d'un relevé de baie

Le relevé des angles et des formes

Angles

On peut relever les angles suivant trois méthodes :

1. À l'aide d'une fausse équerre

On reportera l'angle trouvé directement sur un document composant le relesvé de mesures.

2. Par triangulation

- Reporter la même cote sur les deux pans de murs.
- Relever l'hypoténuse.

Nota : les dimensions seront reportées sur le relevé de mesures.

3. À l'aide d'un gabarit réalisé avec trois tasseaux de bois cloués ensemble.

Le gabarit sera ramené à l'atelier pour servir de référence lors de la fabrication des ouvrages.

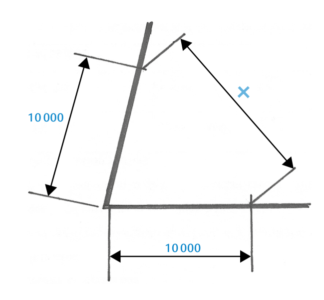


Figure 70.2 Par triangulation

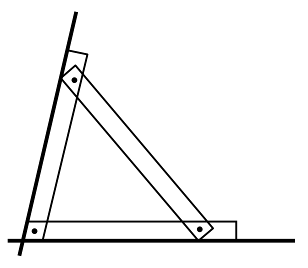


Figure 70.3 Relevé à l'aide d'un gabarit

Formes

On peut relever les angles suivant trois méthodes :

1. **Dans le cas d'un arc plein cintre** en mesurant le diamètre et le rayon de l'arc. Les dimensions seront reportées sur le relevé de mesures.
2. **À l'aide d'un gabarit** que l'on découpe sur place. Ce gabarit sera ramené à l'atelier pour servir de référence lors de la fabrication des ouvrages.
3. **À l'aide d'une règle.**

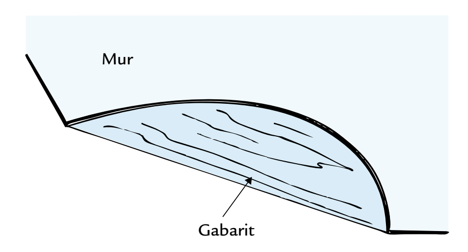


Figure 70.4 Relevé à l'aide d'un gabarit

Méthode :

- Placer une règle reliant les deux extrémités de la forme.
- Tracer sur la règle un certain nombre de divisions égales.
- Mesurer à partir de ces divisions la distance entre la règle et la forme. Les mesures doivent être prises perpendiculairement à la règle.

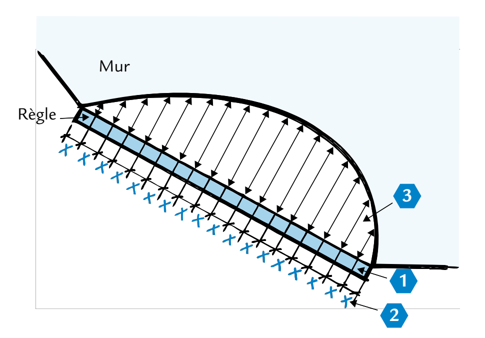


Figure 70.5 Relevé à l'aide d'une règle

Nota : plus les divisions sont proches (donc plus il y a de divisions sur la règle), plus le relevé est précis. Le relevé de mesures de cette forme permettra, par la suite, de le tracer à l'atelier ou au bureau d'études.

71. RÉFÉRENTIELS DE POSE

Sur un chantier d'importance (type magasin) il est nécessaire, pour réaliser la pose des ouvrages d'agencement, d'établir un référentiel de pose. Ce référentiel se fonde sur deux éléments : le trait de niveau et les axes de référence tracés au sol. Ces référentiels de pose servent aussi pour les autres corps d'état, comme le plaquiste ou le carreleur.

Traçage du trait de niveau

Le trait de niveau est une référence qui sert à positionner, en hauteur, les différents ouvrages ou éléments composant l'agencement du local (mobilier, croisées, portes, faux plafond, revêtement de sol, éléments de décoration, trappes de visite, etc.). Ce trait est généralement établi par le maçon ou le menuisier agenceur. Il sert de référence pour tous les autres corps d'état et il est toujours **tracé à 1 000 mm (1 m) au-dessus du sol fini**.

SOL BRUT ET SOL FINI

Sol brut : surface sans revêtement de sol (sol béton, plancher bois).

Sol fini : surface avec un revêtement de sol (carrelage, parquet, etc.).

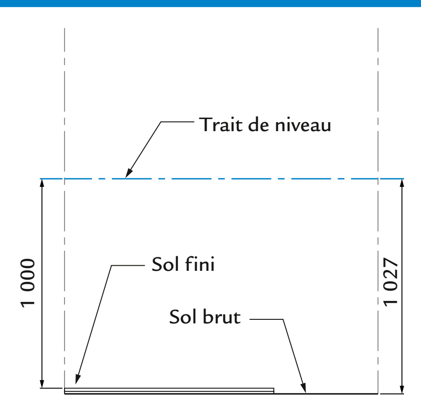


Figure 71.1 Exemple traçage trait de niveau

Exemple

Le trait de niveau est situé à 1 000 mm au-dessus du sol fini. Dans notre exemple l'épaisseur du revêtement de sol (sol fini) est de 27 mm.

Conclusion : notre trait de niveau doit être tracé à 1 027 mm par rapport au point haut du sol brut.

Les axes de référence au sol

Ces axes de référence servent à :

- **positionner** le mobilier et les autres éléments d'agencement dans le local. Le poseur dispose ainsi de références fiables pour implanter ces éléments ;
- **démarrer** la pose d'un revêtement de sol (parquet, carrelage, sol souple...) ou d'un faux plafond.

Méthode de traçage

- **Le premier axe** de référence est tracé, généralement à partir d'un mur de référence du local.
- **Le deuxième axe** est tracé perpendiculairement au premier et il est repéré par rapport à un élément du local (mur, poteau...).

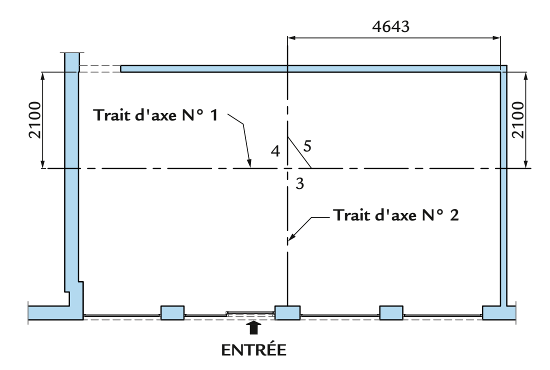


Figure 71.2 Exemple traçage axes de référence

Tracer deux axes perpendiculaires.

Lorsque l'agenceur souhaite tracer une droite perpendiculaire à une autre, il utilise la méthode « 3-4-5 », qui découle du théorème de Pythagore : soit ABC un triangle rectangle en A, alors $BC^2 = AB^2 + AC^2$).

On peut utiliser des multiples de ces nombres pour effectuer les tracés.

Exemple : les nombres n'ont aucune unité de mesure, ils peuvent correspondre à des centimètres, des mètres ou autre. Toutefois, si on utilise comme base le centimètre, alors toutes les valeurs seront en centimètres.

Remarque : sur un chantier, à la place d'un compas à verges, on peut utiliser deux mètres-ruban ou un crayon relié à une corde (compas de fortune).

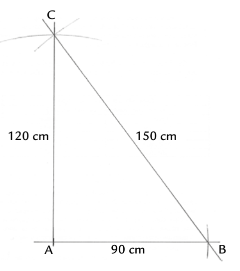


Figure 71.3

Tableau 71.1

Base	3	4	5
X 5	15	20	25
X 10	30	40	50
X 20	60	80	100
X 30	90	120	150

72. POSE D'UN OUVRAGE D'AGENCEMENT

Un meuble de rangement surmonté d'un plan de travail doit être posé à partir d'un angle de mur et décalé du sol. Nous partirons de cette situation de chantier pour aborder la méthodologie de pose d'un ouvrage d'agencement.

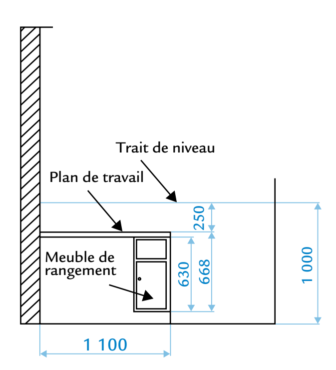


Figure 72.1 Situation de chantier

Préparation du chantier

Il est important avant de commencer la pose de **tracer le trait de niveau**, de contrôler le support, de choisir les moyens de fixation définitifs en fonction des supports, de contrôler les composants du meuble et de repérer la position du meuble dans le local.

Méthodologie de pose d'un meuble sous plan de travail

1. Tracer le haut du meuble à l'aide d'une règle et d'un niveau.



EXEMPLE

Dans notre situation de chantier le plan de travail se situe à 250 mm sous le trait de niveau. Le plan de travail est de 38 mm d'épaisseur.

Position du haut du meuble : 250 (position du plan de travail) + 38 (épaisseur du plan de travail) = 288 mm

2. Tracer la position latérale du meuble à l'aide d'une règle et d'un niveau pour tracer le trait d'aplomb.
3. Tracer la position des éléments de fixation (équerres, cornières, etc.).
4. Positionner le haut du meuble sur les tracés.
5. Repérer les points de fixation.
6. Percer le mur et installer les chevilles.
7. Fixer le meuble.

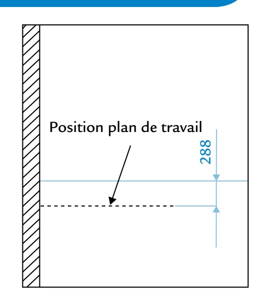


Figure 72.2 Phase 1

8. Contrôler :
- la position du meuble par rapport aux tracés ;
- le niveau et l'aplomb du meuble.

9. Adapter le plan de travail aux dimensions.

Deux cas sont possibles :

- **L'angle formé par les murs est à 90 degrés :**
  a) Positionner le plan de travail contre les murs et mesurer son débord par rapport au meuble.
  b) Reporter la mesure à l'extrémité du plan de travail (côté mur de retour).
  c) Tracer la coupe et scier le plan de travail.
- **L'angle formé par les murs est un angle ouvert (> 90°) ou fermé (< 90°) :**
  a) Positionner le plan de travail le long des murs et le fixer provisoirement avec un serre-joint.
  b) Mesurer le débord du plan de travail par rapport au meuble. Prendre un compas et régler l'ouverture sur la valeur du débord.
  c) Positionner la pointe sèche le long du mur de retour et tracer la forme du mur à l'aide du compas.
  d) Traîner le plan de travail à l'aide de la scie sauteuse.
  e) Repositionner le plan de travail contre le mur et contrôler son ajustage.

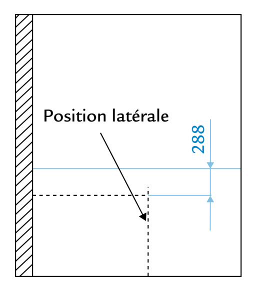


Figure 72.3 Phase 2

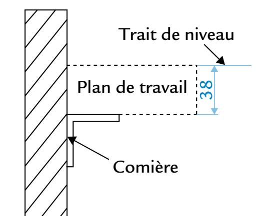


Figure 72.4 Phase 3

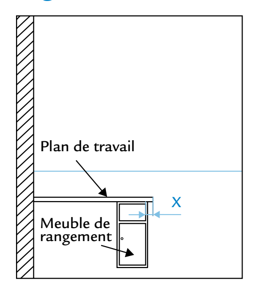
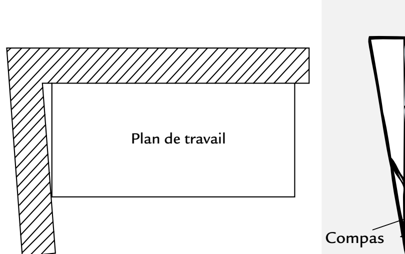


Figure 72.5 Phase 9



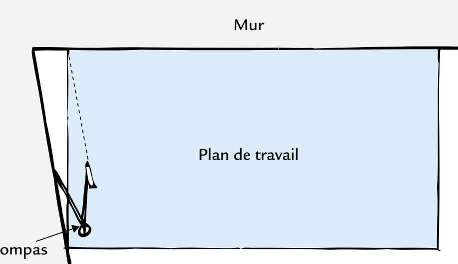


Figure 72.6 Traînage du plan de travail

10. Fixer le plan de travail au meuble et à la cornière à l'aide des moyens de fixation choisis.

11. Contrôler l'ensemble par rapport aux plans.

12. Nettoyer l'ouvrage.

73. FIXATION DES OUVRAGES

La fixation a pour but d'assurer le maintien d'un ouvrage ou d'une partie d'un ouvrage sur un support. Le maintien peut être définitif ou provisoire. Le choix du type de fixation dépendra du support, du type de liaison et de la sollicitation des organes de fixation.

La nature des supports

En agencement, on rencontre divers types de supports sur lesquels viennent s'ancrer les ouvrages. Ils se répartissent en deux grandes familles.

Les supports constitués d'un corps plein

Dans ces supports, le matériau occupe tout le volume de la paroi ou de la cloison. C'est le cas pour les parois béton, les parois en briques, les poteaux, les poutres en bois massif, les parois en dérivés du bois, etc.

Les supports constitués d'un corps creux

Dans ces supports, **le matériau n'occupe pas tout le volume de la paroi ou de la cloison** : sa structure présente des vides. C'est le cas pour les cloisons de plâtre, les cloisons en parpaing, les cloisons en briques creuses, etc.

Types de parois

Pour tous les types de parois ou de cloisons, on peut rencontrer :

- **des matériaux durs** de type béton ou pierre ;
- **des matériaux tendres** de type plâtre, brique, béton cellulaire, etc.

L'épaisseur des parois

Pour tous les types de parois ou de cloisons, on peut rencontrer :

- **de fortes épaisseurs** (béton, parpaing) ;
- **de faibles épaisseurs** (plâtre, brique creuse, etc.).

Types de liaisons

En fonction des supports et des contraintes rencontrées et afin de pouvoir créer une adhérence ou un ancrage des ouvrages sur les supports, on dispose de trois modes de liaison.

Liaison par voie humide

La liaison ouvrage/support peut être assurée par un liant, tel que le plâtre ou le ciment, associé à de l'eau.

- **Le scellement** se réalise en créant une cavité dans le support : c'est le cas lorsque l'on fixe l'ouvrage à l'aide de pattes de scellement.
- **Le collage** se réalise par adhérence sur le support : c'est le cas des solins de plâtre qui permettent de fixer les lambourdes au sol.

Liaison par voie sèche

La fixation par voie sèche peut s'effectuer grâce à des organes de fixation mécanique.

Par compression : l'organe de fixation pénètre de force le matériau, soit par un moyen de frappe (exemple : les pointes), soit à l'aide d'un filetage hélicoïdal spécial conique, qui se ménage un emplacement dans la matière (exemple : vis).

Par expansion : l'organe de fixation (cheville) est introduit dans un perçage à son diamètre. Ensuite, on introduit une vis ou un écrou à l'intérieur de l'organe. L'expansion est ainsi obtenue par le serrage ou par frappe de cette vis. Il en résulte un coincement très important de la cheville contre la paroi.

Liaison par fixation chimique

La liaison s'effectue à l'aide d'un liant synthétique qui, par réaction chimique, crée une adhérence au support.

Scellement chimique : on introduit et on injecte, dans un perçage, un liant synthétique sous forme de capsule ou de cartouche, puis on positionne une tige filetée. Quand le liant durcit, cela crée une adhérence entre la tige filetée et le liant et entre le liant et le support.

Collage : on applique le liant synthétique sur support, on assemble la pièce à fixer puis on maintient fermement en position la pièce. En durcissant, le liant crée une adhérence entre la pièce et le support.

Sollicitations des organes de fixation

Résistance des organes de fixation

Les organes de fixation sont sollicités en fonction de la masse (poids) de l'ouvrage. La résistance de cet organe de fixation dépendra :

- de la nature de l'organe de liaison (plastique, acier, etc.) ;
- du nombre de points de fixation ;
- de la solidité de la paroi ;
- de la position de l'ouvrage :
  - au plafond ;
  - au mur ;
  - au sol ;
- du repos au sol ou non de la masse de l'ouvrage ;
- de la mobilité ou non de l'ouvrage.

EXEMPLES DE REPOS AU SOL

Une colonne de cuisine reposant au sol et fixée en partie haute ne fera pas subir d'efforts de cisaillement à l'organe de fixation. Le poids du meuble est réparti sur le sol.

Un meuble haut de cuisine, quant à lui, ne repose pas au sol. Il est fixé au mur dans sa partie haute. Le poids du meuble est alors réparti sur les organes de fixation et il fera subir des efforts de cisaillement à ces organes.

EXEMPLE DE MOBILITÉ

Une porte de garage suspendue crée une sollicitation sur les organes de fixation lors de sa mise en mouvement.

Les sollicitations à éviter

La traction (arrachement) : l'organe de fixation qui est sollicité à cet effort est dépendant de son adhérence à la paroi.

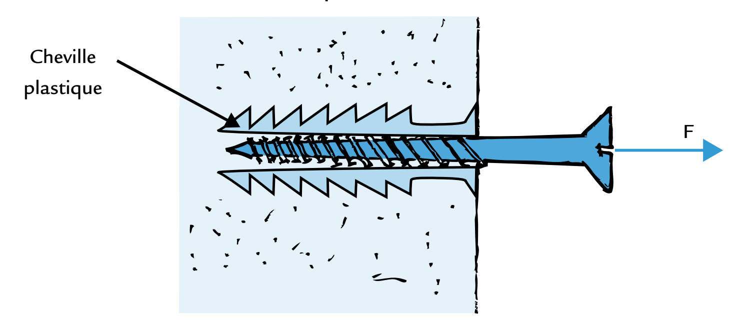


Figure 73.1 Traction

Le cisaillement : l'organe de fixation qui est sollicité à cet effort peut subir une amorce de rupture au niveau de la jonction paroi/organe.

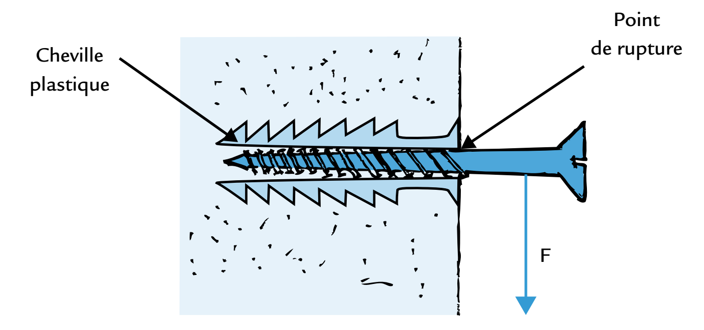


Figure 73.2 Cisaillement

PARTIE I

L'ATELIER ET LES MACHINES-OUTILS

Le matériel destiné au travail du bois a progressé très lentement au fil des siècles. Seul le tour à bois était mécanisé et entraîné avec la force musculaire. Mais il a fait un bond phénoménal depuis l'ère industrielle ; tout d'abord à partir de 1175 avec la machine à vapeur, puis avec l'électricité. Les premières raboteuses, scies circulaires et scies à ruban apparaissent à partir de 1800, puis en 1909 sont découverts de nouveaux alliages métalliques.

Cela a permis d'améliorer fortement la productivité, la régularité et la qualité des ouvrages. De nos jours, l'univers du numérique a fait évoluer ces métiers avec les dessins assistés par ordinateur jusqu'aux centres d'usinage entièrement automatisés.

Chacune de ces évolutions a demandé une adaptation des compétences professionnelles en transformant profondément les techniques de travail. Mais tous ces outils mécaniques puissants ont également provoqué des accidents et des nuisances nettement plus graves qu'autrefois. Le domaine de la prévention des risques professionnels est inscrit profondément dans toutes les entreprises pour compenser ces risques nouveaux liés aux machines-outils.

74. ERGONOMIE DU POSTE DE TRAVAIL

Organisation du poste de travail

L'organisation du poste de travail améliore les conditions de travail des ouvriers et leurs performances, en permettant :

- de limiter certaines nuisances (bruit, poussière, solvant) ;
- de réduire les efforts physiques et les mouvements pouvant créer chez l'opérateur des TMS (troubles musculosquelettiques) ;
- d'éliminer les risques d'accident pour l'opérateur et les autres ;
- d'optimiser la productivité et d'améliorer la qualité.

Les règles de l'ergonomie

Elles sont fondées sur la morphologie du corps humain. Son étude sert à la conception et à l'aménagement du poste de travail en vue de prévenir les risques et d'améliorer les conditions de travail. Son application est imposée par L'article L4121-2 du Code du travail. **Dimensionnement de l'espace de travail**, normes NF X 35-104, et NF EN ISO 14738.

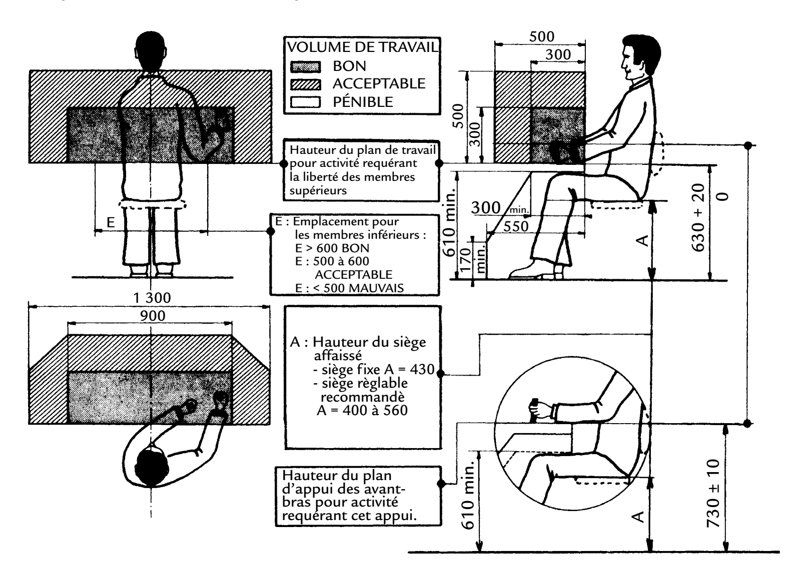


Figure 74.1 Espace de travail assis

- **La hauteur d'un plan de travail** (établi) peut varier entre 850 et 1 070 mm du sol. Il est conseillé de l'ajuster par rapport à la taille de la personne.
- **La hauteur d'une table de machine-outil** s'élève à 900 mm du sol (sauf la dégauchisseuse à 800 mm).
- Il faut éviter :
  - le bras tendu ou levé ;
  - les gestes répétitifs ;
  - les positions du dos et du cou en torsion ou courbés (en avant ou latéralement) ;
  - toute position immobilisant longuement la même partie du corps.

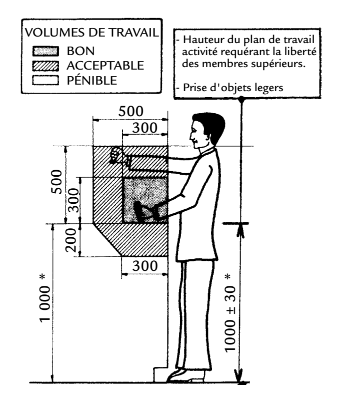


Figure 74.2 Espace de travail debout

L'analyse de poste de travail

Le poste de travail doit être conçu en s'appuyant sur une **analyse détaillée**, qui prend en compte :

- **les dimensions et le poids des pièces à manipuler** (besoin ou non d'un équipement spécifique) ;
- **l'emplacement des pièces en amont et en aval de l'opération** pour réduire les déplacements et les mouvements du haut du corps inutiles ;
- **les mouvements à exécuter** pour réaliser la tâche, afin de limiter les mouvements traumatisants pour le corps ;
- **la taille et le poids des outils** ;
- **la position de travail** : choisir entre debout, assis, assis-debout (assis à 800 mm du sol) ou debout avec appui fessier ;
- **l'environnement** de l'espace de travail :
  - la distance entre les pièces, les outils et le plan de travail ;
  - l'implantation en fonction du déroulement de la tâche ;
  - la surface adaptée, ni trop grande ni trop petite ;
  - la gestion des déchets d'usinage ;
  - la réduction de l'exposition au bruit et à la poussière ;
  - l'éclairage, la température et l'aération du poste ;
  - la mise en sécurité des voies de circulation autour du poste de travail ;
- **les accès et voies de circulation** (norme NF X 35-107) :
  - pour une seule personne : 800 mm de largeur ;
  - pour deux personnes dans le même sens : 1 200 mm de largeur, et 1 500 mm se croisant.

75. MANUTENTION DES CHARGES

La manutention, c'est lever, porter, poser, mais aussi pousser ou tirer des charges. Tout cela implique des efforts physiques et des postures traumatisantes pour le corps humain.

Risques de la manutention

Si la charge est trop importante, le rythme trop soutenu ou les gestes mal effectués, la manutention peut provoquer des accidents, de la fatigue, des douleurs ou des maladies, parfois irréversibles. C'est la principale cause des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Lever, porter et poser une charge

La bonne position pour lever une charge est : **dos droit et genoux fléchis**, cela permet de soulager les disques vertébraux en répartissant la charge sur toute sa surface. Il n'y a pas de charge minimale pour les appliquer.

Règles à respecter :

- Avoir une position stable, pieds écartés.
- Saisir la charge fermement avec les mains.
- S'accroupir, en pliant les genoux.
- Soulever avec le dos droit et plat. Regarder droit devant avec la tête haute.
- L'effort pour soulever la charge se fait en poussant avec les cuisses.
- Équilibrer la charge sur les deux bras pour éviter une asymétrie latérale.
- Éviter les torsions du haut du corps, ou accompagner le mouvement avec les jambes pour que le corps reste dans le même axe.
- Prendre la charge le plus près possible de son corps.
- Fléchir les genoux et garder le dos droit en posant la charge.



Figure 75.1 Bonne posture de levage

ATTENTION AUX MAUVAISES POSTURES

Une charge de 25 kg portée avec le dos courbé représente une **pression de 375 kg** sur la colonne vertébrale. Cette charge sollicite la partie antérieure des disques vertébraux, ce qui risque de les déformer et créer un pincement douloureux. Cela peut se transformer en hernie discale, voire en tassement discal – un dégât irréversible. **Plus on se penche vers l'avant, plus la pression sur les disques est importante.**

Aide à la manutention

Le premier réflexe à adopter est d'alléger la charge, soit en réduisant la quantité à porter, soit en s'y prenant à deux personnes. Sinon, il faut privilégier la manutention mécanique en s'aidant avec un chariot, une servante, un diable, un plateau à roues, un transpalette...

Des équipements spécifiques existent pour porter des panneaux, seul ou à deux :



Figure 75.2 Poignée autobloquante pour panneau



Figure 75.3 Chariot à panneau

Norme et Code du travail

La norme NF X 35-109 et le Code du travail imposent de privilégier la manutention mécanique. Ils donnent des limites réglementaires à la manutention manuelle, comme la charge maximale fixée à 55 kg (25 kg pour les femmes), avec un total de14 tonnes/jour au poste de travail.

Tableau 75.1 Limites réglementaires de la manutention manuelle

	Âge	Masse maximale unitaire	Poids maximal transporté (sur 10 m et par minute)
Homme	15-18 ans	12,5 kg	25 kg/min
	18-45 ans	25 kg	50 kg/min
	45-65 ans	20 kg	40 kg/min
Femme	15-18 ans	10 kg	20 kg/min
	18-45 ans	12,5 kg	25 kg/min
	45-65 ans	10 kg	20 kg/min

76. POUSSIÈRES DE BOIS

Les risques d' incendie et d'explosion des poussières de bois

Risques d'incendie

La prévention des risques d'incendie dans les ateliers consiste à :

- éliminer les sources de chaleur excessive et incandescente (poêles à bois, cigarettes) ;
- assurer un nettoyage régulier des poussières de bois ;
- vérifier les installations électriques et les machines-outils régulièrement pour éliminer tout court-circuit électrique ;
- débrancher les machines portatives et éteindre le disjoncteur principal des machines-outils avant de quitter les lieux ;
- disposer d'extincteurs en nombre suffisant, accessibles et en bon état ;
- installer des détecteurs de fumée associés avec une alarme connectée.

Risques d'explosion des poussières de bois

Les machines produisent des poussières de bois. Ce sont des particules en suspension dans l'atmosphère. Lorsqu'elles sont en quantité importante dans un espace confiné, tel que les systèmes d'aspiration, elles peuvent provoquer des explosions et des incendies. On parle alors de **zones ATEX, pour « atmosphères explosives »**.

L'explosion peut être déclenchée par une source de chaleur incandescente, une étincelle ayant une origine électrostatique, ou un court-circuit électrique. En France se produit en moyenne une explosion de poussière par jour.

Zone et appareil classé ATEX (atmosphères explosives)

Le code du travail (articles L230-2 et R230-1) et les directives européennes ATEX 100A et 107) protègent les travailleurs exposés aux risques des atmosphères explosives. Elles imposent :

- d'utiliser uniquement des appareils électriques repérés ATEX. Un aspirateur ATEX est garanti contre le risque de provoquer une explosion ;
- de mettre en place un revêtement de sol anti-électrostatique, et de porter des vêtements et des chaussures anti-électrostatiques ;
- de relier les tuyauteries d'aspiration et les machines à la terre pour empêcher toute accumulation de charges électrostatiques.

Les risques d'inhalation des poussières de bois

Plus les poussières de bois sont fines, plus elles restent longtemps en suspension dans l'air. L'homme les respire et elles entrent dans ses organes respiratoires.

Les dangers pour la santé

Les poussières peuvent induire des pathologies respiratoires et cutanées. La durée d'exposition et la quantité reçue sont des facteurs aggravants. En outre, plus les poussières sont fines, plus elles pénètrent en profondeur dans l'appareil respiratoire. Toutes les essences de bois sont concernées, et les produits de traitement et les colles (panneaux dérivés) sont des éléments irritants.

Les poussières sont susceptibles de provoquer différentes maladies, telles l'eczéma, l'asthme, des affections respiratoires ou des **cancers** : les poussières de bois sont classées cancérogènes (groupe 1) par le CIRC. Ces maladies peuvent se déclarer au niveau des sinus, de la gorge, des bronches ou des poumons. Les poussières peuvent provoquer le cancer de l'ethmoïde, qui est un os de la cavité nasale et des sinus. **En prévention**, il est conseillé de **consulter régulièrement un médecin ORL**.

La réglementation

Le Code du travail (article 231-58) impose une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) fixée à 1 mg/m^3 d'air, pour une journée de huit heures. L'article 230-2 impose à l'employeur d'évaluer et de gérer les risques, et d'assurer un suivi médical de ses salariés.

La prévention et l'amélioration

Dans le cas où les quantités présentes dans l'air dépassent 1 mg/m^3, des mesures doivent être prises pour les réduire. Il faut améliorer les procédés et les matériels, aussi bien pour les machines-outils et électroportatives que pour le travail manuel :

- **Priorité aux protections collectives** en améliorant le captage à la source des poussières, au plus près de l'outil de coupe.
- Assurer une **puissance d'aspiration adaptée** au nombre de machines.
- **Séparer les zones** productrices de poussière des autres zones de travail, afin de limiter le nombre de salariés exposés.
- **Assurer un nettoyage régulier** des locaux et des vêtements de travail.
- **Proscrire les balais et la soufflette**, car ils remettent les poussières en suspension dans l'air. Il est plutôt recommandé d'utiliser un aspirateur.

Quand les mesures de protection collectives sont insuffisantes ou impossibles à mettre en œuvre, il est obligatoire d'imposer le port d'équipements de protection individuelle adaptés. Le port d'un masque respiratoire (FFP2) est obligatoire (au-delà de 1 mg/m^3), quelle que soit la durée de l'exposition.

77. EXPOSITION AU BRUIT

Pour mesurer le niveau réellement perçu par l'oreille humaine, on utilise un décibel « physiologique » appelé décibel A, dont l'abréviation est dB(A).

- 50 dB(A) : niveau habituel de conversation ;
- 80 dB(A) : seuil de nocivité (pour 8 h/jour) ;
- 120 dB(A) : bruit provoquant une sensation douloureuse.

Les origines et les risques du bruit au travail

Les nuisances sonores ont des origines multiples

- **Les outils manuels de frappe** : maillet, marteau...
- **Les machines électroportatives** : bruit très variable suivant la machine.
- **Les machines-outils** : scie circulaire, 91 dB(A) ; raboteuse, 92 dB(A) ; toupie, 96 dB(A) ; dégauchisseuse, 103 dB(A) ; échappements d'air comprimé, soufflette, 115 dB(A)...

Le niveau sonore ne s'additionne pas avec le nombre de machines mises en fonctionnement. Il augmente de 3 dB(A) par machine supplémentaire.

Les risques d'une surexposition au bruit

- **La fatigue auditive**. Une exposition à un bruit élevé ou trop prolongé peut provoquer des sifflements d'oreilles ou acouphènes.
- **La surdité.** Une exposition prolongée à des niveaux de bruit intenses détruit irréversiblement les cellules ciliées de l'oreille interne.

La nocivité du bruit est en fonction de son intensité en dB(A), de sa durée d'exposition et de ses caractéristiques (les aigus sont plus dangereux).

L'exposition au bruit est **dangereuse à partir de 80 dB(A)** et la durée maximale d'exposition est de **huit heures par jour**.

Amélioration des conditions de travail

Réduction du bruit à la source

Agir sur la source est le moyen le plus efficace de lutter contre le bruit.

- Adapter les diamètres des conduits d'aspiration.
- Fermer les trappes d'aspiration après utilisation de la machine.
- Améliorer l'isolation interne des machines.

- Choisir des outils de coupe plus silencieux (outil de toupie hélicoïdal).
- Choisir la fréquence de rotation adaptée au diamètre de l'outil.

Réduction de la propagation du bruit

- **Éloigner le personnel de la source** : dans un lieu sans obstacle, le niveau sonore s'affaiblit avec l'éloignement. Il baisse de 6 dB(A) à chaque fois que l'on double la distance entre la source et l'opérateur.
- **Utiliser des matériaux acoustiques** : sur les murs, les plafonds et les cloisons intérieures, l'isolant absorbe les sons.
- **Cloisonner la zone des machines** par une paroi isolante hermétique.
- **Utiliser des écrans acoustiques** fixes ou mobiles entre les postes de travail.

Les protections individuelles

Lorsque le seuil limite est atteint, le port de protecteurs individuels contre le bruit (PICB) est obligatoire. Ils affaiblissent le bruit entre 15 et 35 dB(A) suivant leur qualité. Même avec cette protection, il faut vérifier que le seuil n'est pas dépassé.

Il existe deux types de protecteurs :

- **Les casques** munis de coquilles qui recouvrent totalement le pavillon de l'oreille.
- **Les bouchons d'oreilles** qui obstruent le conduit auditif.



Figure 77.1 Casque anti-bruit



Figure 77.2 Bouchons d'oreilles

78. ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI)

La réglementation

Lorsque la sécurité, la santé et l'hygiène du personnel sont engagées, le Code du travail (art. R. 4311-12), les directives européennes (CE 89/686/CEE), les normes et le bon sens imposent l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI). Les EPI et les vêtements de travail doivent être fournis gratuitement par l'employeur (art. R. 4321-1 et -4).

Le port d'un EPI n'est envisagé que lorsque toutes les mesures de réduction ou de suppression des risques sont insuffisantes ou impossibles à mettre en œuvre. On donne toujours la priorité aux protections collectives.

Chaque équipement est adapté à un risque ou à une nuisance et protège une partie du corps bien précise.

Figure 78.1 Combinaison « bleu de travail »

Protection du corps

- **Combinaison, cotte, pantalon ou veste** (marquage EN 340) : protègent des salissures et des éraflures. Obligatoires pour le travail sur machine dangereuse, ils sont en coton pour être anti-électrostatiques.
- **Combinaison jetable** (EN 1149-1) : pour les travaux de finition, lors de la projection de produits (vernis) impossibles à laver.

Protection des yeux

Les **lunettes de protection** (marquées EN 166) protègent des projections de matières solides (copeaux, sciures et étincelles) et liquides (produits chimiques irritants ou corrosifs).

Protection de la tête

Le **casque en polyéthylène** (marquage EN 397), à porter pour les travaux sur chantier, protège des chutes d'objets et des chocs.



Figure 78.2 Gants de manutention

Protection des mains

- **Les gants de protection contre les risques mécaniques** (EN 388) protègent des abrasions, des

coupures, des perforations et des échardes. Recommandés pour manipuler le bois massif et les panneaux.

- **Les gants contre le risque chimique** (EN 374-3) protègent des produits corrosifs, irritants, allergisants pour la peau ou persistant au lavage des mains (vernis, colles, décapants…).

Protection des pieds

Les chaussures de sécurité (EN 20345), classées S1P minimum, disposent :

- d'une semelle renforcée résistante à la perforation ;
- d'une coque en acier pour protéger les orteils des chocs et des écrasements (jusqu'à 200 joules) ;
- d'un pouvoir anti-électrostatiques.



Figure 78.3 Chaussures de sécurité

Protection auditive

- **Les casques** (EN 352-1). Certains modèles haut de gamme (EN 352-4) sont équipés d'une atténuation active du bruit réglée pour stopper les fréquences des machines et non celle de la parole.
- **Les bouchons d'oreilles** (EN 352-2). Ils peuvent être moulés spécialement à l'oreille de l'utilisateur. Ils sont soit réutilisables avec un arceau ou une cordelette, soit à usage unique.

Figure 78.4 Masque anti-poussière

Protection respiratoire

- **Les masques anti-poussières jetables** (EN 149) classés FFP2 (minimum) ou FFP3 sont recommandés surtout pour un usage prolongé de plus d'une heure.
- **Les demi-masques contre les aérosols liquides** (EN 140 avec filtre jetable A2 ou P3), en plus d'être anti-poussières, protègent des particules de vernis, de produits chimiques et de colles en suspension dans l'air.



Figure 78.5 Masque anti-aérosols liquides

79. RÈGLES DE SÉCURITÉ SUR LES MACHINES À BOIS

Risques encourus lors de l'usage des machines à bois

Tableau 79.1 Préventions à suivre suivant les risques encourus sur les machines-outils

Risques	Préventions des risques
Projections d'éclats de bois ou de copeaux. Rejet des bois	Implanter les machines suivant leurs zones de rejet. Maintenir les organes de sécurité et outils en conformité. Mettre en place des écrans de protection entre les postes. Utiliser les presseurs et les entraîneurs. Utiliser les machines en tenant compte du sens de rotation de l'outil (travailler en opposition). Éviter de rester dans l'axe de rotation de l'outil (zone de rejet).
Coupures et sectionnement	Maintenir le matériel en conformité (organes de sécurité, carters, couteaux diviseurs, protecteurs). Utiliser des poussoirs et des serre-pièces. Maintenir une distance de sécurité entre les mains et l'outil tranchant, et sans laisser une main dans la trajectoire de l'outil.
Troubles musculo-squelettiques	Organiser le stockage des matériaux et des pièces. Organiser le circuit des pièces et de fabrication. Aménager le poste de travail (ergonomie). Privilégier la manutention mécanique et utiliser des aides à la manutention (servantes, chariot à panneau, transpalettes).
Bruit	Isoler les machines bruyantes et le système d'aspiration. Améliorer l'isolation des parois des locaux. Poser les machines sur des systèmes anti-vibrations. Assurer la maintenance des machines. Adapter les outils de coupe pour émettre moins de bruit. Séparer la zone de machines des autres postes, ou les éloigner au maximum.
Poussières	Relier toutes les machines au système d'aspiration centralisé. Assurer un nettoyage quotidien du poste de travail. Remplacer les balais et les soufflettes par un aspirateur. Séparer les zones émettrices de poussières des autres zones de travail.

Contrôles et règles de sécurité sur machines

Pour l'usage des machines-outils et des machines électroportatives, des règles de contrôle sont à faire avant l'usinage. L'objectif est de mettre en sécurité l'opérateur et son entourage.

Tableau 79.2 Contrôles obligatoires avant l'usage des machines-outils

Thématique	Points de contrôles
Port des EPI	- Chaussures de sécurité et vêtements de travail. - Casque ou bouchon anti-bruit. - Masque anti-poussières (si la machine n'a pas de système d'aspiration).
Zone et poste de travail	- Vérifier avant le travail que la zone soit propre et non encombrée de chutes, de déchets, d'éléments inutiles de la machine, ou d'autres pièces. - Aménager le poste de travail afin de pouvoir alimenter et évacuer les pièces tout en réduisant la manutention et les déplacements. Tenir compte des zones de passages et des autres machines. - Prévoir que les mouvements de manipulation soient suffisamment éloignés de la zone dangereuse de la machine. - À l'issue du travail, remettre le poste de travail en condition pour le prochain opérateur.
Vérifica-tions sur la machine	- Réglage optimal des protecteurs, des guides et de l'outil. - Serrage de tous les éléments de la machine et de l'outil. - Paramètres d'usinage : profondeur de passe, vitesse d'avance, fréquence de rotation.
Gestion des déchets	- Allumer et éteindre l'aspiration avant et après chaque usinage. - Vérifier la qualité d'aspiration des poussières ; position des trappes, et niveau de remplissage des sacs. - Prévoir une caisse à proximité de la machine pour évacuer facilement les chutes.
Vérifica-tions de la pièce	- Pièce trop courte : attention, chaque machine a une dimension minimale de pièce. - Pièce trop grande : prévoir une servante avant et après la zone d'usinage. - Vérifier l'absence de corps étrangers dans le bois ou de nœuds trop importants.
Manipula-tions des pièces	- Assurer le glissement des pièces sur la machine avec de la paraffine ou tout autre produit ayant les mêmes propriétés. - Utiliser des gants, des poignées et des chariots spécifiques pour déplacer et porter les grands panneaux. - Se faire aider par une autre personne pour manipuler les pièces lourdes ou longues.

Les instructions permanentes de sécurité (IPS)

Ces fiches doivent être présentes et affichées sur toutes les machines dangereuses. Elles servent à rappeler aux opérateurs les consignes de sécurité. Les IPS indiquent :

- les risques encourus par l'opérateur ;
- les limites d'utilisation de la machine ;
- la procédure à appliquer avant, pendant, et à la suite de l'usinage ;
- les EPI à porter (pictogrammes).



Figure 79.1 Les pictogrammes des EPI

Le sauveteur secouriste du travail

Un sauveteur secouriste du travail (SST) est un salarié capable de porter secours à toute victime d'un accident du travail ou d'un malaise pendant son travail.

Il doit assurer la prévention des risques mais aussi l'intervention lors d'un accident, c'est-à-dire protéger, examiner, alerter les secours spécialisés et secourir la victime en attendant leur arrivée.

La réglementation

Le Code du travail (article R. 4224-15) rend **obligatoire la présence d'un membre du personnel ayant le certificat SST** :

- dans chaque atelier où sont effectués des travaux dangereux ;
- dans chaque chantier occupant 20 personnes au moins pendant plus de quinze jours, où sont effectués des travaux dangereux.

Le Code du travail (article R. 4224-14) indique que le lieu de travail doit être **équipé d'un matériel de premiers secours** facilement accessible. Pour les métiers du bois, cette trousse de secours doit contenir un produit rince-yeux et un kit « membre sectionné » (section de doigt ou de main).

80. RÈGLES DE SÉCURITÉ SUR LES CHANTIERS

Tableau 80.1 Préventions à suivre suivant les risques encourus sur chantier

Risques	Préventions des risques
Chutes de plain-pied	Maintenir un chantier rangé et éclairé. Garder les circulations dégagées. Signaler tout élément pouvant engendrer une chute.
Manutention	Privilégier des aides à la manutention (chariots, lève-porte...) et engins de levages (treuil, monte-matériaux...). Privilégier la manutention à plusieurs lorsqu'une aide mécanique est impossible. Utiliser des machines portatives et des outils au poids réduit. Porter des gants lors de la manutention.
Chutes de hauteur	Choisir le type d'équipement en fonction de la tâche à réaliser (échafaudage, échelle, plateforme, nacelle...). Nota : les échafaudages ne peuvent être montés, démontés ou sensiblement modifiés que sous la direction d'une personne compétente et par des travailleurs qui ont reçu une formation adéquate et spécifique aux opérations envisagées. S'assurer que l'équipement de travail en hauteur est en bon état. Privilégier les plateformes individuelles roulantes à la place des escabeaux. Utiliser les échelles, les escabeaux et les marchepieds comme moyen d'accès et non comme poste de travail.
Bruits	Porter des protections auditives (EPI).
Machines électroportatives et outils	S'assurer de l'entretien des machines et des outils. S'assurer que les dispositifs de sécurité sont fonctionnels et correctement installés. Porter les EPI (gants, masques...). Aménager sa zone de travail pour travailler en toute sécurité. Prévoir un établi équipé de machines semi-stationnaires (scie circulaire sur table, scie à onglet...) et de machines électroportatives (rabot, défonceuse, ponceuse...).
Produits chimiques et poussières	Réaliser les découpes avec des outils reliés à un aspirateur équipé d'une filtration de classe M. Porter les EPI et un masque respiratoire type P2 minimum. Proscrire les balais mais aspirer les poussières avec un aspirateur. Identifier tous les produits chimiques utilisés. Se procurer les fiches de données de sécurité (FDS) des produits chimiques utilisés auprès du fournisseur.
Transport routier	Vérifier le bon état du véhicule et des équipements de sécurité. Respecter les bonnes pratiques de chargement (charge, arrimages intérieurs et extérieurs...).

81. CHOIX ET IMPLANTATION DES MACHINES

Par rapport au travail manuel, le travail sur les machines-outils a l'avantage de produire plus rapidement les pièces, mais également :

- avec une plus grande précision et une constante dimensionnelle entre toutes les pièces ;
- dans des formes difficiles, voire parfois impossibles à réaliser manuellement.

Le choix des machines-outils

Le choix doit être adapté :

- **au secteur d'activité** : ébénisterie, menuiserie, agencement ou restauration de meuble ancien. Une entreprise de pose de menuiserie choisira de l'outillage électroportatif pour le travail sur le chantier ;
- **au type de production** : artisanale, petite et moyenne série, ou fabrication industrielle. Une micro-entreprise artisanale peut choisir une machine dite « combinée », intégrant jusqu'à six opérations ;
- **aux capacités financières de l'entreprise** : les machines sont coûteuses et leur achat représente un investissement important pour l'entreprise. Avant de passer à l'acte, il est nécessaire de prendre en compte :
  - les coûts liés à l'achat et son amortissement ;
  - l'achat des outils de coupe spécifiques à la nouvelle machine ;
  - le coût de l'implantation dans l'atelier ; la livraison avec un équipement de manutention, le branchement électrique et le raccordement au réseau d'aspiration ;
  - l'achat ou la location d'un local suffisamment grand pour recevoir la machine, et l'espace de travail nécessaire autour ;
  - la formation ou l'embauche d'ouvriers qualifiés pour la machine ;
  - les coûts liés au fonctionnement : la consommation électrique, les frais de maintenance de la machine et des outils de coupe ;
  - l'usure de la machine, qui occasionne une baisse de sa valeur marchande.

Malgré le coût des machines et leurs frais de fonctionnement, le prix de revient d'une fabrication mécanisée sera généralement moins élevé que le travail manuel. Plus le travail est en série, plus le prix de revient est faible.

Implantation des machines-outils

L'implantation sera très variable suivant le secteur d'activité de l'entreprise et son type de production. Elle est organisée selon le circuit d'usinage, qui dictera l'installation du circuit d'aspiration et du réseau électrique d'alimentation des machines.

Le circuit d'usinage

Le circuit d'usinage est le parcours suivi par les pièces d'un poste de travail à l'autre. Cela démarre de la zone de stockage des matières premières jusqu'au chargement du camion de livraison des produits finis. Le circuit d'usinage doit être le plus court possible.

L'implantation est distincte en deux circuits de fabrication suivant le type des matériaux travaillés : bois massif et panneaux dérivés.

L'intérêt d'optimiser le circuit est de :

- faciliter la circulation des pièces et des personnes ;
- réduire le temps de transfert entre les différents postes de travail.

Les zones de fabrication

Ces deux circuits sont organisés en zones selon l'ordre chronologique des fabrications standard. On parle aussi d'implantation par îlots.

- **Le circuit des panneaux dérivés** se décompose ainsi :
    1. Zone de réception des matériaux, accessible aux camions de livraison.
    2. Zone de stockage.
    3. Zone de débit (scie à panneaux ou à format).
    4. Zone de façonnage (toupie, multibroche, plaqueuse de chant, centre d'usinage). Les panneaux peuvent réintégrer le circuit du bois massif ou une zone de montage (établi).
    5. Zone d'emballage et de stockage des produits finis, située à proximité d'un accès de chargement des camions de livraison.
- **Le circuit des bois massifs** se décompose ainsi :
    1. Zone de réception des matériaux.
    2. Zone de stockage.
    3. Zone de débit (scie radiale puis scie à ruban ou scie circulaire).
    4. Zone de corroyage (corroyeuse ou dégauchisseuse et raboteuse).
    5. Zone de façonnage (scie à format, mortaiseuse, tenonneuse, toupie, perceuse, défonceuse, centre d'usinage…).
    6. Zone de collage (cadreuse, serre-joints, établi) ;

        zone de finition (ponceuse, cabine à vernir, établi) ;

        zone de montage (établi).
    7. Zone d'emballage et de stockage des produits finis.

- **En ébénisterie et en menuiserie haut de gamme**, il est nécessaire d'organiser un circuit de fabrication supplémentaire pour les décors de surface (placage et stratifié). Il se décompose en :
  1. Zone de stockage.
  2. Zone de débit (scie circulaire à format pour le stratifié et massicot pour le placage).
  3. **Pour le placage** : zone de découpe et de montage (établi, scie de marqueterie, scie circulaire).
  4. Zone de collage (presse hydraulique ou manuelle, collage sous vide pour pièce cintrée, établi).
- **Interaction entre les circuits d'usinage**. Il est très courant qu'un élément passe d'un circuit à un autre. Pour cela, les circuits sont côte à côte dans l'atelier, et certaines machines sont communes.
- **Les zones d'établi et de stockage « des encours »** sont en interaction avec la majorité des zones, et ont un rôle central dans l'atelier. La distance physique avec les machines et ces zones est la plus courte possible.

L'implantation des machines dans chaque zone

Elle doit tenir compte des éléments suivants :

- dimensions et débattements des organes de la machine (plus les pièces usinées) ;
- axe de rejet des pièces pour chaque machine ;
- voies de circulation et issues de secours ;
- zones de stockage pour limiter la manutention et les déplacements inutiles ;
- ergonomie du poste de travail ;
- postes de travail « hors machine » (établi, zone de montage et de finition, bureau) afin de réduire au minimum les nuisances sonores et l'exposition aux poussières de bois des autres personnels ;
- accessibilité pour l'opérateur :
  - au système d'ouverture de l'aspiration des poussières ;
  - aux chariots de transport en amont et en aval de l'opération ;
  - à la poubelle de récupération des déchets d'usinage ;
  - aux outils de coupe ;
  - aux outils de réglage ;
  - aux accessoires de la machine (guide, servante, montage d'usinage) ;
  - à la documentation de la machine avec sa fiche IPS (Instructions permanentes de sécurité) ;
  - aux outils de maintenance et de nettoyage de la machine.

82. SYSTÈMES D'ASPIRATION

Afin de respecter la réglementation et la sécurité du personnel, il est impératif d'installer un système d'aspiration des poussières, des sciures et des copeaux. Ce système d'aspiration est composé d'un groupe d'aspiration et d'un circuit de tuyaux raccordés à chaque machine-outil.

Sa dimension et sa puissance font l'objet d'une étude approfondie. Elle doit tenir compte du nombre maximal de machines mises en route simultanément et de la somme des volumes de débit d'air nécessaire (valeur donnée par le constructeur) pour chaque machine.

Groupe d'aspiration

Il est muni d'une hélice entraînée par un moteur. Lors de sa mise en marche, elle crée une dépression dans la tuyauterie. Plusieurs processus existent pour filtrer les poussières de l'air aspiré. Le système le plus classique consiste à filtrer l'air à travers un ou plusieurs sacs en toile.

Les poussières finissent par tomber soit dans des sacs en plastique (jetables), soit dans un conteneur, ou dans une machine à compacter les déchets qui les transforme en bûchettes (exploitables comme combustible).

Tuyauterie d'aspiration

Le circuit de tuyauterie est relié à chaque machine produisant de la poussière (et des copeaux). Pour une bonne aspiration, les diamètres des tuyaux sont de taille dégressive en allant vers les machines.

Chaque raccordement de machine est équipé d'une trappe pour ouvrir et fermer l'aspiration. Ces trappes sont à manipuler avant et après chaque utilisation de la machine. Leur manipulation peut être manuelle ou automatisée avec le démarrage de la machine.

Machines électroportatives

Les machines à bois portatives sont aussi très **productives de poussières et de copeaux**. On peut toujours y raccorder un **système d'aspiration** avec un tuyau flexible. Il faut alors utiliser des systèmes mobiles (aspirateur) classés ATEX. Ces aspirateurs seront aussi nécessaires pour nettoyer le poste de travail, l'établi, comme la machine-outil après son usage.

Pour le travail manuel à l'établi, il faut également **aspirer les poussières au maximum** et disposer dans les locaux d'un **système d'extraction et de renouvellement de l'air ambiant**.

83. SCIE À RUBAN

Cette machine-outil permet de réaliser les opérations de délignage et de chantournage. On l'utilise principalement pour usiner du bois massif.

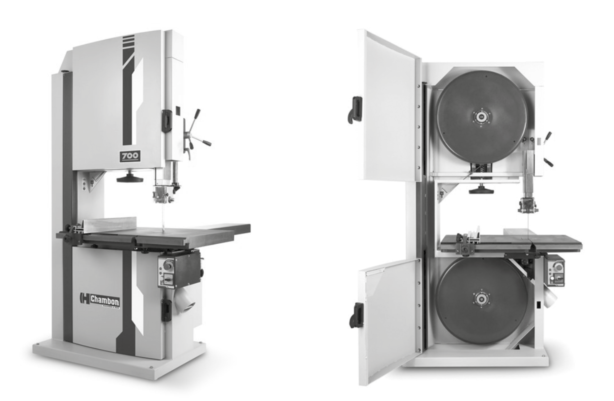


Figure 83.1 La scie à ruban

Les volants

Ils doivent être situés sur le même plan vertical.

Le volant inférieur reçoit son mouvement du moteur par le biais de la courroie.

Le volant supérieur est monté sur un chariot vertical permettant de **régler la tension de la lame**.

La tension dépend de la largeur de la lame utilisée et est visualisée par un indicateur affichant la valeur correspondante à la largeur de la lame.

Le chariot est également muni d'un **réglage d'inclinaison** permettant d'ajuster la position des lames sur le volant. En inclinant le haut du volant supérieur vers l'arrière ou vers l'avant, on fait respectivement rentrer ou sortir la lame, afin de maintenir le positionnement de la lame sur la jante des volants.

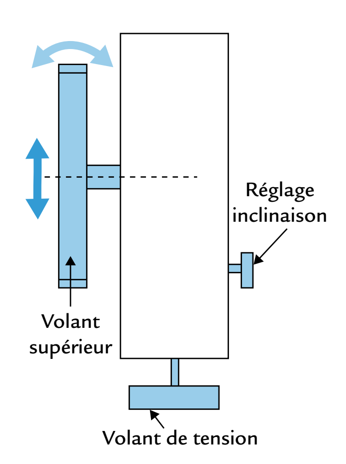


Figure 83.2 Réglage inclinaison du volant supérieur

La position de la lame sur le volant dépend de sa largeur :

- une lame ordinaire à la denture qui dépasse du volant ;
- une lame dite à chantourner (étroite) doit être entièrement sur le volant.

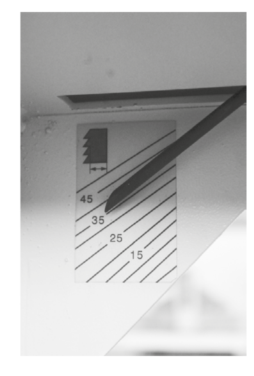


Figure 83.3 Indicateur de tension

La table

Elle est en fonte nervurée ou en acier (inclinable sur certains modèles). Elle est munie d'une « saignée » pour le passage des lames et d'une « lumière » garnie d'un bloc de table en bois.

Les guides-lame

Ils maintiennent la lame latéralement et à l'arrière. Ils sont positionnés au-dessus et en dessous de la table.

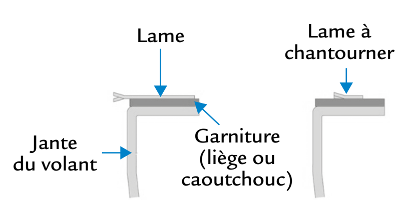


Figure 83.4 position de la lame

Le guide supérieur est muni d'une butée arrière réglable en profondeur (pour s'ajuster à la largeur de la lame) et de deux butées latérales réglables également.

L'ensemble est monté sur une coulisse verticale lui permettant de descendre ou monter, pour le positionner au plus près de la pièce à usiner.

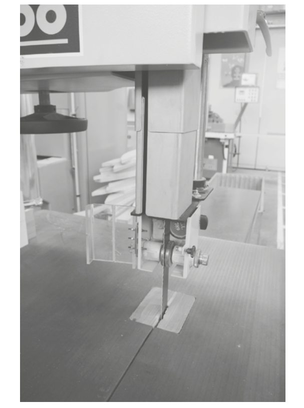


Figure 83.5 Guide lame supérieur

La lame de scie à ruban

C'est une grande bande d'acier soudée à ses deux extrémités, formant ainsi un anneau continu.

Le ruban

Le ruban est caractérisé par :

- **sa largeur, la taille des dents et la dimension du « pas »**, qui varient suivant l'utilisation recherchée. Plus elle est étroite et petite, plus elle est destinée à un travail fin et chantourné (en courbe) :
  - 10 à 20 mm de largeur pour le sciage chantourné (en courbe) ;
  - 25 à 50 mm de largeur pour le sciage rectiligne. Prévoir une lame standard de 35 mm pour les sciages courants jusqu'à 41 mm d'épaisseur **;**
- **sa longueur**, qui est déterminée à l'aide de la formule :

$$L = \pi D + 2h - 20 \text{ (mm)}$$

La longueur du ruban se détermine en fonction du diamètre des deux volants et de l'entraxe maximal entre ces derniers ;

- **son épaisseur**, qui est déterminée en appliquant la formule :

  Ép. = D/1 000,

  D étant le diamètre des volants.

La denture de la lame

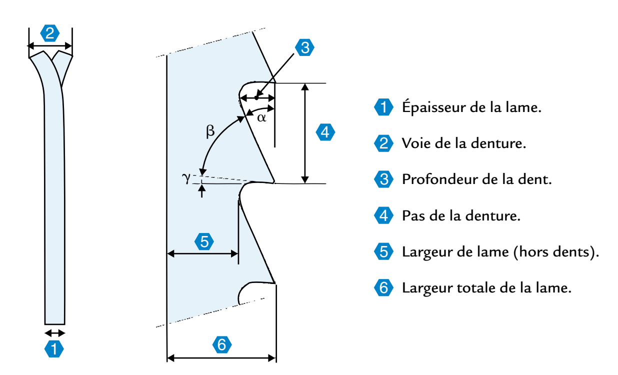


Figure 83.6 Denture de lame de scie à ruban

- **La voie** : c'est l'inclinaison des dents, alternativement vers la droite et vers la gauche. La voie est plus large que la lame et facilite son passage dans le bois. Lorsqu'elle est usée, la lame frotte et brûle le bois. Elle peut finir par chauffer et casser.
- **La forme des dents** : elles peuvent être en « denture couchée » (la plus utilisée), en « denture gencive », en « denture perroquet » ou encore en « denture crochet ».

Les aciers des lames

- Lame en **acier suédois** : travail courant.
- Lame en **acier spécial ou supérieur** : travail courant et intensif.
- Lame en **acier spécial avec denture trempée** : plus résistant mais non réaffûtable, donc l'ensemble de la lame est jetable.
- Lame bimétal, en acier avec la **pointe de la denture au cobalt** : bonne résistance générale. Travaux de débit et de scierie.
- Lame en acier avec l'extrémité de la **denture au carbure de tungstène** (pastille rapportée par brasure) : très résistante, utilisée en scierie.

84. USINAGE À LA SCIE À RUBAN

Types de sciages

Le sciage de débit

C'est le travail le plus courant qui permet de réaliser le débit de pièce. Cet usinage s'effectue suivant un tracé, droit ou courbe, sur des planches de bois brut ou des pièces corroyées.

Le sciage au guide

Si l'on doit produire des pièces identiques, à faces rectilignes et parallèles, on utilise le guide parallèle contre lequel s'appuie le chant déjà dressé de la pièce à diviser.

Le dédoublage d'une pièce dans son épaisseur peut s'effectuer à l'aide du guide parallèle si elle est déjà corroyée.

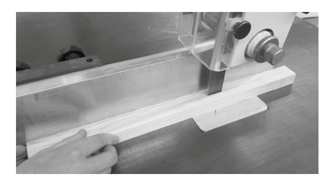


Figure 84.1 Sciage au guide parallèle

Le sciage avec montage

Pour réaliser un sciage en forme d'hélice, dit « débillardé », on utilise la méthode « à plateau relevé ». La pièce est maintenue inclinée sur la table pendant le chantournement.

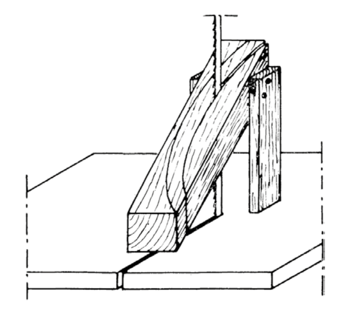


Figure 84.2 Coupe en plateau relevé

Travailler en sécurité

- Porter correctement les **EPI** et **attacher ses cheveux**.
- Mettre en fonction l'**aspiration**.
- Placer la **face bombée de la pièce sur la table**.
- Placer le **protecteur** et le **guide-lame** au-dessus de la pièce.
- **Contrôler la position des mains** ; elles ne doivent jamais être dans l'axe de la lame et rester à une distance de sécurité de 150 mm autour.

- **Utiliser un poussoir** afin de manipuler et maintenir la pièce à proximité de la lame (également pour évacuer les chutes).
- **Éviter de tordre le ruban** en cours de sciage (risque de rupture).
- **Éviter de reculer la pièce** lorsque la lame est en mouvement (risque de faire sauter la lame du volant).
- **Réduire l'effort sur le ruban** lors de la coupe si celui-ci talonne sur la butée du guide-lame.



Figure 84.3 Sciage avec montage d'usinage pour coupe à 45 °

Anomalies lors du sciage

Lors du sciage, certaines anomalies peuvent apparaître.

Tableau 84.1 Causes possibles des anomalies sur la scie à ruban

Anomalie	Causes
Déviation ar rapport au tracé	Défaut de voie (asymétrie ou usure). Guide mal réglé. Mauvaise tension du ruban. Lame « fatiguée » (désaffûtée).
Battement du ruban	Mauvaise position du ruban sur le volant. Trop de soudures de réparation. « Crique » (fissure), attention à la casse imminente du ruban.
Bruit strident	Guides-lames latéraux bloqués. Pression excessive du ruban contre le galet arrière du guide-lame.
Vibration du ruban	Tension insuffisante.
Excès de poussière	Aspiration insuffisante. Machine insuffisamment nettoyée entre chaque utilisation.
Ruban encrassé	Brosses inefficaces. Nature du bois (excès de résine...). Denture inadéquate.
Ruban cassé	Tension trop forte du ruban. Mauvaise manipulation de la pièce lors de l'usinage. Ruban inadapté à l'usinage (trop petit). « Attaque » ou usinage trop rapide du bois.

85. SCIE CIRCULAIRE

Ces deux machines-outils permettent les opérations de délignage, de tronçonnage du bois massif et la mise au format des panneaux.





Figure 85.1 Scie circulaire à format et scie à table

Les différences entre la scie à format et la scie à table résident dans les **dimensions d'encombrement** et la présence (pour la scie à format) d'un **chariot de tronçonnage** facilitant l'usinage des grandes pièces.

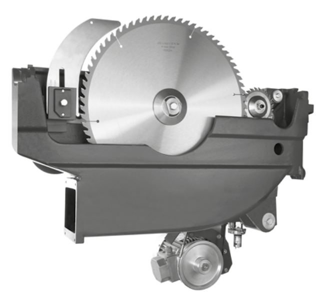


Figure 85.2 Bloc moteur et porte-outil

Le porte-outil

Le porte-outil est parfois monté sur un dispositif réglable en inclinaison. Le réglage en hauteur et de l'inclinaison de la lame peut se réaliser soit manuellement, soit à l'aide des volants ou d'un positionnement numérique.

Le couteau diviseur

Un couteau diviseur est fixé à l'arrière de la lame. Il est plus petit de 0,5 mm que la largeur du trait de scie. Son rôle est d'éviter le resserrement du bois à l'arrière de la lame qui occasionne le recul ou le rejet de la pièce en direction de l'opérateur.

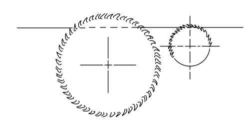


Figure 85.3 La lame et son inciseur

L'inciseur

Certains modèles de scie à format haut de gamme sont équipés d'une seconde lame de scie circulaire

de très faible diamètre, tournant dans le sens opposé (travail en avalant) à celui de la lame principale. L'inciseur exécute un rainurage de largeur égale au trait de scie et de profondeur maximale de 3 mm sur la face posée sur la table.

Cet outil est utilisé pour la coupe des panneaux avec un décor de surface fragile (panneau plaqué, stratifié, mélaminé) afin d'éliminer les risques d'éclats de celui-ci.

Les guides

Le positionnement et le blocage des guides peuvent se faire soit manuellement, à l'aide d'une règle graduée sur les glissières, soit par positionnement numérique.

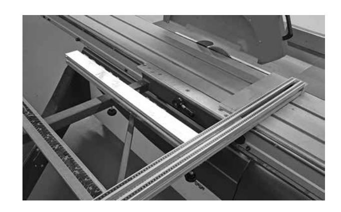


Figure 85.4 Chariot de tronçonnage

Le chariot de tronçonnage

Le chariot est équipé d'un guide de tronçonnage perpendiculaire à l'axe de la lame.

Le guide perpendiculaire à la lame (guide de tronçonnage)

Il permet de réaliser les travaux de tronçonnage. Ce guide est inclinable (de 0° à 45°) et possède une butée réglable et escamotable.

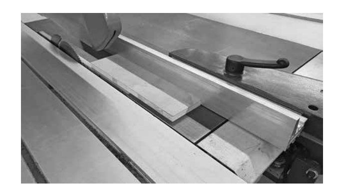


Figure 85.5 Guide parallèle

Le guide parallèle à la lame

Il permet les travaux de délignage. Il est monté sur glissières.

Le protecteur et captage des poussières

Des carters facilitent l'aspiration et permettent d'assurer une protection. La lame est protégée en partie supérieure par une cape de protection permettant de protéger l'opérateur de la lame tout en jouant un rôle de captation des poussières. Une buse de captation des poussières est également installée au niveau du porte-outil.



Figure 85.6 Protecteur et captage des copeaux

La lame de scie circulaire

C'est un disque en acier muni de dents sur sa circonférence. Son diamètre varie entre 150 et 700 mm. Les dentures (entre 12 et 108 dents) des lames sont équipées **de pastilles au carbure de tungstène** rapportées par brasure sur l'extrémité de la dent.

Ce métal extrêmement résistant à l'usure permet de couper tous les types de panneaux et de bois massifs. La lame doit être adaptée à la scie et au matériau à couper, elles sont montées sur des machines de toutes tailles (portatives ou non).



Figure 85.7 Denture alternée

Les formes de denture

Denture plate : utilisée pour le délignage de bois massif. Le sommet de la dent est plat.

Denture alternée : la plus courante et polyvalente pour les coupes des panneaux et massifs (en travers ou dans le sens du fil). Le sommet des dents est incliné alternativement à gauche et à droite,

Denture trapézoïdale plate : spécialement conçue pour la coupe sans éclats des panneaux décors (stratifiés et mélaminés). Les sommets des dents ont des formes complexes et alternées ; trapézoïdale/plate ou gouge/pointe.

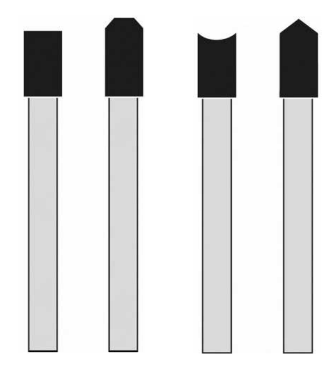


Figure 85.8 Denture trapézoïdale/plate et denture gouge/pointe

Le corps de la lame

Le corps de lame est en acier, elle peut posséder :

- une fente de dilatation pour éviter la déformation de la lame ;
- un limiteur de passe (ou « anti-recul », ou encore « antirejet ») qui rend le travail en avance manuelle beaucoup plus sécurisé, et réduit à 1,1 mm la quantité de matière enlevée par la dent. Ce dispositif est fortement conseillé pour réaliser des débits sur bois massif non corroyé.

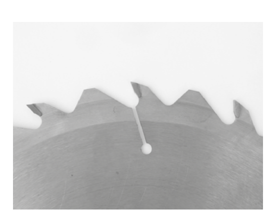


Figure 85.9 Lame avec fente de dilatation et limiteur de passe

86. USINAGE À LA SCIE CIRCULAIRE

Réglage de l'outil

- Choisir la lame en fonction du travail à réaliser : débit de massif, coupe fine en massif ou de panneau, ou encore une lame spécifique pour les stratifiés et les mélaminés.
- Monter la lame entre deux flasques situées sur l'arbre porte-outil. L'une est amovible pour le serrage.
- Fixer et régler le couteau diviseur à 2 mm en dessous de la lame.
- Régler la hauteur de lame en fonction de l'épaisseur de la pièce à couper. La lame doit dépasser de la hauteur d'une dent.

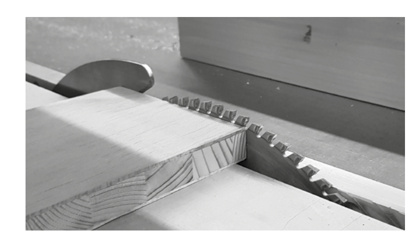


Figure 86.1 Réglage hauteur de lame

Réglage des guides

L'utilisation des guides est strictement obligatoire car ils sont essentiels pour maintenir la pièce en position lors de l'usinage.

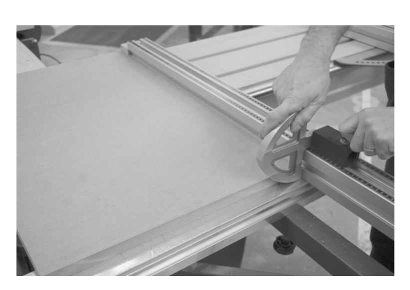


Figure 86.2 Butée de longueur sur guide perpendiculaire

Le guide perpendiculaire à la lame

Ce guide sert à réaliser une coupe à 90 degrés (ou angulaire) par rapport à la grande longueur de la pièce, appelée **coupe de longueur** ou **mise à longueur**.

La longueur de coupe est déterminée par la position de la butée sur laquelle vient s'appuyer la pièce. Cette butée est réglable, mais elle est également escamotable afin de pouvoir faire une première coupe perpendiculaire sans la dérégler.



Figure 86.3 Position des mains lors de la coupe

Le guide parallèle à la lame

Ce guide est la référence pour réaliser une coupe parallèle à la fibre du bois : **coupe de largeur**, **mise à largeur** ou **refente d'une pièce**.

Le réglage de la coupe est déterminé par la position du guide sur la table par rapport à la lame.

Ne jamais réaliser de coupe avec le guide parallèle si la pièce est en appui sur sa partie la plus étroite.

L'extrémité du guide parallèle doit être positionnée en fonction de son utilisation :

- **avant la lame** si le guide sert de butée de mise en longueur pour un tronçonnage avec le guide perpendiculaire ;
- **au milieu de la lame** (en face de l'axe de rotation), lors d'un débit de bois massif ;
- **juste après l'arrière de la lame** (au niveau du couteau diviseur) pour le délignage des panneaux.



Figure 86.4 Coupe avec le guide paralléle



Figure 86.5 Position de l'extrémité du guide parallèle



Figure 86.6 Utlisation des mors pour le délignage

Le sciage de débit

On effectue des opérations de délignage lors du débit de bois massif brut. Pour cela, on démonte le chariot de tronçonnage et on équipe la table roulante d'une butée inclinée fixée en avant. Cette butée sert de mors pour immobiliser la partie avant de la planche. L'autre extrémité est tenue à la main (ou avec un poussoir) par l'opérateur. La coupe de largeur est faite avec guide parallèle.

Travailler en sécurité

- Porter correctement les EPI et attacher ses cheveux.
- Vérifier la hauteur de lame et le type de denture suivant l'usinage.
- Prévoir des servantes ou des rallonges de table pour les pièces longues.
- Prévoir un ou deux poussoirs adaptés à la dimension de la pièce.
- Placer la face bombée de la pièce sur la table (débit bois massif).
- Éviter de reculer la pièce lorsque la lame est en mouvement.
- Dégager les chutes au fur et à mesure à l'aide du poussoir.
- Utiliser les guides de la machine. Ne jamais scier « à la volée ».
- Ne pas stationner dans la zone de rejet de la lame.

87. SCIE À PANNEAU

Cette machine-outil permet le débit des panneaux dérivés (panneaux bruts, plaqués, stratifiés ou mélaminés).

Elle possède une table presque verticale, pouvant recevoir des panneaux entiers aux formats standard (2 500 × 1 220, 2 800 × 2 070, 3 300 × 1 800 mm, etc.)

Sur cette scie circulaire, c'est l'outil qui se déplace lors de l'usinage et non le panneau.

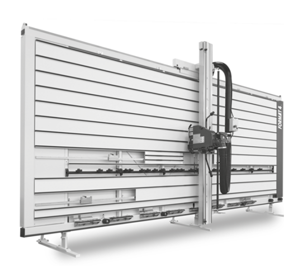


Figure 87.1 Scie à panneau verticale

Le bloc-moteur et la tête porte-lame

Le bloc-moteur et la tête porte-lame peuvent être positionnés de façon à réaliser soit des coupes horizontales soit des coupes verticales.

La tête porte-lame est équipée d'une scie circulaire, d'un couteau diviseur et parfois d'un inciseur. Cet ensemble est complètement caréné et comprend le moteur et la lame.

Supports à panneau

Deux types de supports équipent cette machine :

- un support inférieur à rouleaux pour les **panneaux à grand format** ;
- un support intermédiaire en aluminium permettant d'installer les **petits formats de panneaux**. Celui-ci est escamotable.

Règles et butées

- Pour les **coupes verticales**, la machine possède des butées réglables et escamotables.
- Le réglage des **coupes horizontales** s'effectue en bloquant le bloc-moteur sur la poutre à la hauteur désirée. Le réglage vertical se fait à l'aide de règles, situées sur la poutre, qui permettent de déterminer la hauteur de coupe ; soit à partir du support inférieur ou intermédiaire, soit à partir du haut du panneau.

88. DÉGAUCHISSEUSE

La dégauchisseuse sert à obtenir une surface (SR1) et un chant de référence (SR2) parfaitement plan en partant d'une surface brute.

Ces deux surfaces serviront de base pour le rabotage des pièces.



Figure 88.1
Dégauchisseuse

Les tables

On distingue la **table d'entrée**, sur laquelle l'opérateur pose la pièce de bois brut, et la **table de sortie**. L'opérateur usine la face inférieure de la pièce en la déplaçant de la table d'entrée vers celle de sortie.

La **profondeur de passe** (épaisseur de bois enlevée à chaque passage) correspond au décalage de niveau entre les deux tables, que l'opérateur détermine en abaissant la table d'entrée au moyen d'un levier.

Le guide

Il sert au dressage à 90 degrés (ou suivant un autre angle) des chants des pièces dégauchies préalablement sur le plat.

Les protecteurs à pont

Un protecteur à pont protège l'opérateur en l'empêchant d'accéder à la lame pendant l'usinage. Son usage est strictement obligatoire.

Le porte-outil

Son diamètre varie entre 80 et 140 mm, et possède deux, trois ou quatre lames, appelées fers. Les fers sont maintenus au moyen d'un serrage mécanique ou d'un système dit auto-serrant.

Les fers de la dégauchisseuse

Les fers sont des **lames tranchantes rectilignes** montées sur les cylindres porte-outils des dégauchisseuses, des raboteuses et des rabots électriques portatifs. Les aciers des fers peuvent être en :

- HSS, un acier rapide réfutable ;
- HM ou HW, carbure de tungstène, un alliage à usage unique mais beaucoup plus résistant à l'usure.

89. USINAGE À LA DÉGAUCHISSEUSE

Étape 1 : dégauchir le plat

Création de SR1 (surface de référence n° 1)

1. Positionner la face creuse de la pièce sur la table, et orienter la pièce de manière que le fil du bois soit bien « couché » par l'outil.
2. Placer le protecteur contre le guide et légèrement au-dessus de la pièce.
3. Déplacer la pièce de la table d'entrée vers celle de sortie, en appuyant dessus pour qu'elle reste en contact avec les tables.



Figure 89.1 Position des mains pour dégauchir le plat

Attention : ne jamais revenir en sens inverse pendant l'usinage.

Position des mains : appuyer des deux mains sur la pièce et la pousser (la main gauche devant la main droite), et les passer successivement l'une après l'autre au-dessus du protecteur.

Étape 2 : dégauchir le chant

Création de SR2 (surface de référence n° 2, perpendiculaire à SR1)

1. Placer le protecteur en appui sur la table et décalé du guide de l'épaisseur de la pièce.
2. Positionner la face déjà dégauchie SR1 en appui contre le guide.
3. Déplacer la pièce de la table d'entrée vers celle de sortie, en la pressant à la fois vers le guide (pour maintenir SR1 en appui de référence) et vers la table.



Figure 89.2 Position des mains pour dégauchir le chant

Position des mains : appuyer des deux mains sur la pièce et la pousser. Lorsque la pièce est de faible largeur (moins de 50 mm), retirer ses mains au moment du passage au-dessus du porte-outil.

90. RABOTEUSE

La fonction principale de la raboteuse est d'obtenir des surfaces planes et parallèles aux surfaces de référence SR1 et SR2 (préalablement passé à la dégauchisseuse).



Figure 90.1 Raboteuse

La table

La table est le seul élément réglable de la raboteuse. L'écart entre la table et le porte-outil cylindrique positionné au-dessus conditionne la dimension de la pièce sortant de la raboteuse. Pour info, le porte-outil et les fers sont de conception identique à ceux d'une dégauchisseuse.

Le mouvement vertical de la table est rendu possible par des vérins et une vis sans fin. Ils assurent un bon parallélisme de la table par rapport au porte-outil. La hauteur de la table se commande :

- par positionnement manuel à l'aide d'un volant : le contrôle de la hauteur est fait par une réglette graduée ;
- par positionnement automatique à l'aide d'un moteur auxiliaire : l'affichage peut alors être digital (positionnement numérique).

Le système d'avance

Ce système comprend deux rouleaux d'amenage, qui donnent au bois sa vitesse d'avance. C'est la distance entre ces deux rouleaux qui conditionne la longueur minimale d'une pièce pouvant être usinée dans la raboteuse. Ces rouleaux sont de deux types différents :

- **le rouleau d'entrée**, en acier strié, permet d'assurer un bon entraînement des pièces mais occasionne des entailles sur la surface ;
- **le rouleau de sortie**, en acier recouvert de caoutchouc, est totalement lisse pour éviter de marquer les pièces.

Le maintien des pièces

- **Des presseurs sur ressort** servent à maintenir les fibres du bois pour éviter les éclats. Ils sont situés au plus près juste devant le porte-outil.
- **Une barre de crochets anti-recul**, située avant le rouleau d'entrée, bloque automatiquement les pièces pour empêcher tout retour en arrière (effet de rejet) des pièces engagées dans la machine.

91. USINAGE À LA RABOTEUSE

La mise de largeur et d'épaisseur des pièces

Les deux premières surfaces déjà usinées à la dégauchisseuse (SR1 et SR2) servent de référence et seront mises en appui sur la table de la raboteuse. Il ne faut pas oublier que l'outil travaille sur le dessus de la pièce.

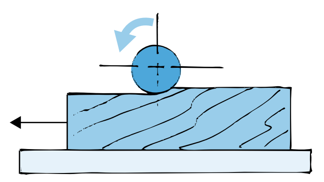


Figure 91.1 Orientation des fibres du bois



SENS D'USINAGE DES PIÈCES

Les pièces sont présentées de façon que l'usinage se fasse en couchant les fibres afin d'éviter des éclats sur la surface rabotée.

Étape 1 : raboter le chant

Rabotage de la surface opposée au chant de référence (SR2 sera posé sur la table).

Les pièces sont « tirées de largeur » avant d'être « tirées d'épaisseur » afin que l'assise sur chant soit plus importante.

Plusieurs passages sont souvent nécessaires pour obtenir la dimension désirée, afin de respecter une profondeur de passe convenable.

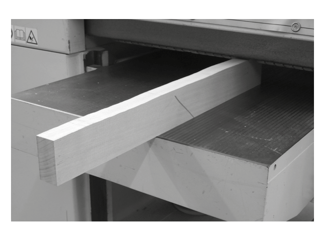


Figure 91.2 Rabotage du chant



RÉGLAGE DE LA PROFONDEUR DE PASSE

C'est l'épaisseur de bois enlevée à chaque passage. Elle ne doit pas dépasser 2,5 mm. Elle est déterminée par la différence entre l'épaisseur réelle de la pièce et la dimension réglée sur la raboteuse.

Étape 2 : raboter la face

Rabotage de la surface opposée à la face de référence (SR1 sera posé sur la table).

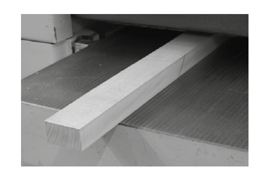


Figure 91.3 Rabotage du plat

92. TOUPIE

La toupie a pour fonction de profiler ou de calibrer les pièces par enlèvement de matière, au moyen de fraises et de porte-outils adaptés aux différents usinages.



Figure 92.1 Toupie verticale

La table

La table est munie d'une lumière (espace entre la table et l'arbre porte-outil). Suivant le type d'outil et d'usinage, cette lumière doit être réglée afin d'être réduite au minimum. Le système le plus courant est constitué de plusieurs rondelles amovibles situées autour du passage de l'arbre.

Le guide linéaire

Son rôle est de :

- servir **d'appui et de coulisse** pour les pièces à usiner ;
- permettre le **réglage de saillie** de l'outil utilisé (profondeur d'usinage) ;
- **canaliser les copeaux** et permettre leur aspiration ;
- assurer la **sécurité de l'opérateur** et de l'environnement de travail.

Les guides linéaires disposent d'un réglage longitudinal des plaques, ce qui permet de laisser un intervalle (la « lumière ») entre les guides pour le passage de l'outil. Si cet espace n'est pas réduit au minimum, les pièces de bois peuvent basculer à l'intérieur et occasionner de graves accidents.

Des barrettes escamotables ou des plaquettes de bois, situées dans le guide, servent à obstruer cet intervalle et permettent d'obtenir un guide continu.

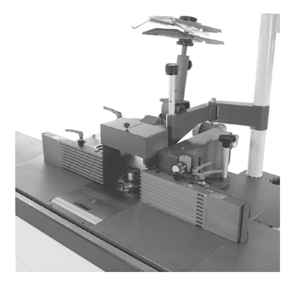


Figure 92.2 Guide linéaire et presseur

L'arbre porte-outil

L'arbre porte-outil de la toupie permet d'installer l'outil, de le maintenir en position et d'en assurer sa rotation. Certaines toupies ont un arbre inclinable jusqu'à 45 degrés. Un système de déplacement par vis sans fin permet d'en régler la hauteur par rapport à la table.

L'arbre est muni à sa base d'un « épaulement » sur lequel viennent s'appuyer des bagues de serrage, entre lesquelles est maintenu l'outil. Ces bagues existent en différentes épaisseurs afin de s'ajuster à la hauteur de l'arbre. Le tout est bloqué par le contre-écrou de la vis de serrage, par l'intermédiaire d'une cloche ou d'un chapeau en deux pièces.

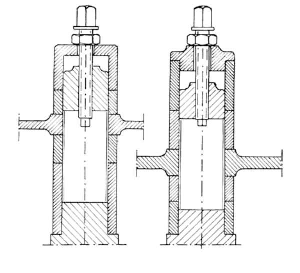


Figure 92.3 Deux modèles différents d'arbre

Sélection de la fréquence de rotation

Pour la sécurité de l'opérateur, du matériel, et la qualité d'usinage, il est essentiel de **vérifier la fréquence de rotation** de la toupie en fonction de plusieurs critères : **diamètre** de l'outil, type de **matériau** et type d'**arête tranchante** de l'outil. Des abaques ou des formules mathématiques permettent de le faire facilement.

La toupie possède généralement deux poulies étagées. L'une est actionnée par le moteur et l'autre, reliée à la première par une courroie trapézoïdale, entraîne l'arbre porte-outil. En fonction de la position de la courroie dans les gradins, l'arbre a une fréquence de rotation plus ou moins rapide. Les toupies plus perfectionnées possèdent des sélecteurs de vitesse par bouton (poussoir ou rotatif), voire par affichage numérique.

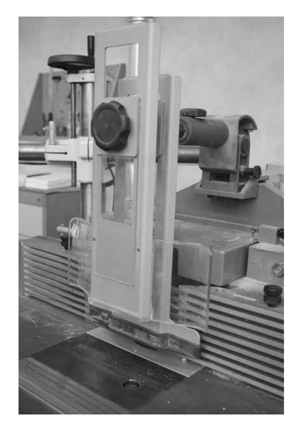


Figure 92.4 Presseurs

Presseur et entraîneur

Le presseur réglable est constitué de deux parties, à utiliser au choix :

- **un presseur vertical** sur ressort qui s'adapte à l'épaisseur de la pièce et qui permet de maintenir celle-ci sur la table au niveau de l'outil ;
- **un presseur horizontal** qui sert à appuyer la pièce contre le guide et à protéger l'opérateur.

L'entraîneur assure l'avance mécanique de la pièce à usiner au niveau de l'outil. De cette façon, l'opérateur conserve les mains éloignées de la zone dangereuse. Pour travailler en sécurité et régler la qualité d'usinage, l'entraîneur possède plusieurs vitesses, à régler selon le diamètre de l'outil et la fréquence de rotation de la toupie.



Figure 92.5 Entraîneur

L'utilisation de l'entraîneur ou d'un presseur vertical est indispensable pour travailler en toute sécurité.

93. OUTILS DE TOUPIE

Les outils de toupie s'appellent fraises ou porte-outils. Un trou au centre, appelé alésage, existe en deux diamètres différents ; 50 mm et 30 mm (pour les petites toupies de type « machine combinée »).

Les fraises à plaquettes rapportées

Les arêtes tranchantes de l'outil sont des plaquettes au carbure de tungstène (HM ou HW) rapportées par brasure sur le corps de l'outil. Certains modèles sont encore en acier rapide (HSS). Les outils au carbure sont réaffûtables et recommandés pour le travail de tous les bois massifs et des panneaux dérivés.

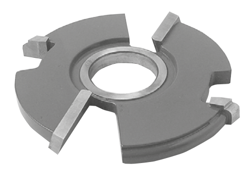


Figure 93.1 Fraise à plaquettes brasées

Les porte-outils à plaquette, par fixation mécanique

Ces outils sont constitués d'un corps sur lequel sont fixés mécaniquement des couteaux tranchants, sous forme de plaquettes au carbure de tungstène (HM) ou en acier (HSS). Les plaquettes au carbure sont extrêmement résistantes à l'usure, mais elles ne sont pas réaffûtables.

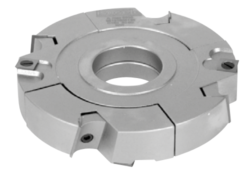


Figure 93.2 Fraise à plaquette fixées mécaniquement

Les types de dentures

Les formes de la denture sont très variables suivant l'usinage désiré :

- **les dentures droites**, biaises dans un seul sens ou biaises alternées, servent à la coupe frontale du bois ;
- **les dentures arasantes** sont des plaquettes fixées sur le dessus et le dessous de certains outils ; elles permettent une coupe horizontale du bois en cisaillant la fibre avant la coupe frontale. Cette denture est toujours complémentaire à une denture en coupe frontale ;
- **les dentures profilées** servent à la réalisation des assemblages et des moulures ; une très large gamme de profils existe.

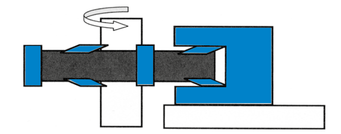


Figure 93.3 Dentures arasantes et droites

Deux types d'outils sont disponibles :

Les fraises avec un profil constant : l'outil est destiné à ne réaliser qu'une seule forme de profil.

Les porte-outils « universels » ou « multi-profils » : sur ce type d'outil, pour changer la forme du profil, on ne change que la plaquette (ou le fer). Le corps de l'outil reste le même, et la fixation est identique d'une plaquette à l'autre.



Figure 93.4 Fraise à profil



Figure 93.5 Porte-outil universel et son jeu de plaquette interchangeable

Le porte-outil à angle variable

Ce porte-outil est couramment appelé « multi-pente ». Les plaquettes sont fixées sur un support inclinable et réglable à un angle quelconque, ce qui donne la possibilité de disposer d'une multitude d'angles.



Figure 93.6 Fraise à angle variable

Les outils extensibles

Pour éviter la multiplication des outils et afin d'obtenir des dimensions non standardisées, certaines fraises sont extensibles en épaisseur.

L'outil est constitué de deux (ou trois) corps indépendants s'emboîtant les uns dans les autres. Il suffit de glisser une bague entre ces corps afin de les maintenir écartés et d'obtenir la dimension recherchée.



Figure 93.7 Fraise à rainurer extensible avec son jeu de bague.

Le calibreur

Le calibreur est un porte-outil muni de plaquettes disposées droites ou en hélicoïde autour. Il est toujours accompagné d'un guidage par roulement à billes (de même diamètre). Il suffit de mettre en appui le montage d'usinage sur le roulement pour que la forme soit reproduite sur la pièce.

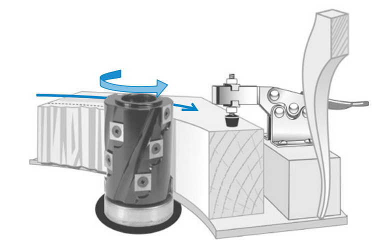


Figure 93.8 Exemple d'usinage avec un calibreur et son roulement de guidage

94. USINAGE À LA TOUPIE

Usinage linéaire

Pour régler une toupie avant de réaliser un usinage linéaire sur une pièce, on doit suivre la procédure suivante.

Étape 1 : identifier les données nécessaires à l'opération

- Dimensions et forme du profil à réaliser.
- Surfaces de référentiels pièces (SR1 et SR2) avec les appuis de la machine (table et guide-pièce).

Étape 2 : mise en position et maintien de l'outil

- Installer l'outil sur une première bague, en vérifiant son sens de rotation.
- Vérifier et ajuster la lumière entre la table et l'outil.
- Monter les bagues de serrage sur l'arbre en finissant par une bague large. La combinaison des bagues doit permettre une position optimale de la cloche sur l'arbre. Faire attention que la cloche ne s'appuie pas sur le bout de l'arbre mais bien uniquement sur la dernière bague.
- Effectuer le serrage de l'outil avec le contre-écrou de la vis de serrage.

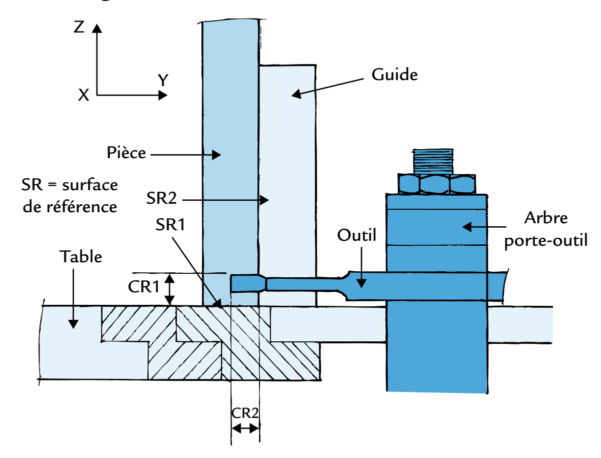


Figure 94.1 Réglage pour l'usinage d'une rainure

Étape 3 : régler la hauteur de l'outil

- Effectuer le réglage en montant ou en descendant l'arbre porte-outil ; le finaliser en phase de montée afin d'éviter le jeu.

- Prendre la mesure entre les arêtes tranchantes de l'outil et le dessus de la table. Cette cote est appelée « cote de réglage 1 » (CR1).
- Bloquer l'arbre porte-outil en hauteur.

Étape 4 : régler la profondeur de l'outil

- Effectuer le réglage en avançant ou en reculant le guide-pièce.
- Prendre la mesure entre l'extrémité (la plus en avant) des arêtes tranchantes de l'outil et la surface plane du guide. Cette cote est appelée « cote de réglage 2 » (CR2).
- Bloquer le guide à l'aide des poignées de serrage.
- Mettre en place le guide continu afin de réduire la lumière au minimum.

Étape 5 : contrôler et régler de la fréquence de rotation

Étape 6 : régler les presseurs ou l'entraîneur

- Régler le presseur vertical (ou horizontal) aux pièces à usiner.
- Pour un travail en toute sécurité, installer un entraîneur :
  - pour mettre en appui la pièce contre le guide, l'entraîneur doit désaxer par rapport au guide ;
  - pour que les rouleaux pressent la pièce sur la table, descendre l'entraîneur environ 5 mm plus bas que la pièce.

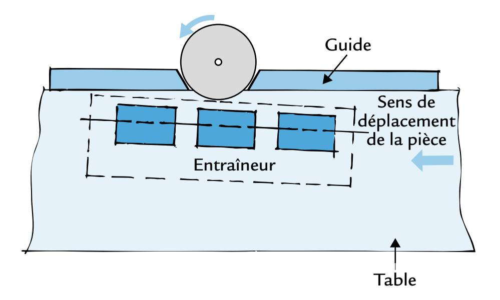


Figure 94.2 Réglage de l'entraîneur en position décalée

Anticiper le déplacement des pièces de la droite vers la gauche, c'est-à-dire en opposition au sens de rotation de l'outil. Ne jamais revenir en arrière pendant l'usinage.

Spécificité des usinages arrêtés

Il est parfois nécessaire de réaliser des profilages qui ne se prolongent pas tout au long de la pièce. Pour réaliser ce type de profilage, il est indispensable de régler au préalable des butées qui éviteront tout rejet des pièces de bois au moment de l'attaque et permettront d'arrêter le profilage. Suivant l'usinage, ces butées sont soit uniquement au début ou à la fin de l'usinage, soit les deux. **L'usage du presseur vertical est indispensable**.



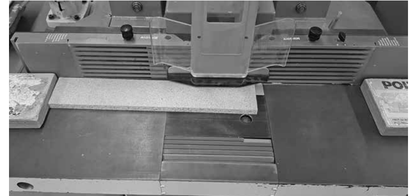


Figure 94.3 Phases 1 et 2 d'un profilage arrêté

Spécificité des usinages chantournés

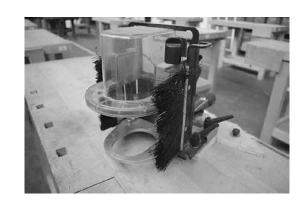


Figure 94.4 Guide à lunette avec protecteur

- Soit on utilise **un montage d'usinage** avec un outil accompagné d'un guidage par roulement à bille, par exemple un calibreur.
- Soit on utilise **un guide à lunette** pour mettre en appui directement la pièce, mais de préférence avec un montage d'usinage.
- Le guide à lunette est un « guide courbé » avec lequel on effectue des opérations de profilage (moulure, rainure, etc.) sur des pièces déjà chantournées.

Étape 7 : vérifications avant mise en fonctionnement de la toupie

- Abaisser le capot de protection au-dessus de l'arbre.
- Tourner l'arbre à la main afin de s'assurer que l'outil ne touche aucune pièce de la machine. L'arbre doit être débloqué.
- Vérifier que le verrouillage de hauteur de l'arbre, le guide-pièce, le presseur ou l'entraîneur soient bien serrés.
- Vérifier qu'aucun objet inutile ne reste sur la toupie : clé, bague, outil ou pièce de bois.
- S'assurer de la bonne aspiration des copeaux.
- Assurer la sécurité des autres dans l'environnement de travail.
- Aménager le poste de travail en amont et en aval de l'usinage :
  - ne pas stocker les pièces sur la toupie ;
  - organiser l'ergonomie du poste de travail : adapter la hauteur de travail et de stockage, minimiser les mouvements.
- Installer si nécessaire des rallonges de table ou des servantes pour les grandes pièces.
- Préparer un montage d'usinage pour les petites pièces. Prévoir une zone spéciale pour le chargement du montage.

95. MONTAGE D'USINAGE TOUPIE

On choisit d'utiliser un montage lorsque les machines-outils, dans leurs configurations « normales », ne permettent plus l'usinage d'une pièce. On peut faire un montage pour toutes les machines existantes, même les portatives.

Objectif et définition

Un montage d'usinage (MU) est un dispositif positionné entre les plans de référence de la machine (table, guide) et les surfaces de référence de la pièce à usiner. Il est utilisé lorsque :

- la pièce ne peut pas être maintenue sur les appuis de la machine ;
- le montage sert de guidage pour reproduire une trajectoire courbe sur une pièce ;
- la manipulation de la pièce sur la machine ne peut plus garantir la sécurité de l'opérateur.

La mise en position et la stabilité de la pièce

Une pièce a **six mouvements de liberté** possibles dans l'espace : trois translations et trois rotations, un mouvement pour chaque axe tridimensionnel (X, Y et Z). L'immobilisation des six degrés de liberté par six points de contact s'appelle l'**isostatisme**.

1 L'appui plan

Trois points de contact. C'est **un appui surfacique**, car toute la surface de la pièce est en appui (SR1). Il correspond au panneau formant la base du montage. Trois petits abrasifs sont collés sur le montage pour réaliser ces appuis. Le montage est plus long que la pièce à usiner, permettant ainsi à l'outil d'entrer et de sortir progressivement de la pièce.

2 L'appui linéaire

Deux points de contact, en appui contre le chant (SR2). Il correspond à deux butées sur lesquelles vient se mettre en appui le chant de la pièce.

3 L'appui ponctuel

Un point de contact, en appui contre le bout de la pièce (SR3). Ce point d'appui est situé du côté opposé au sens de déplacement de l'outil.

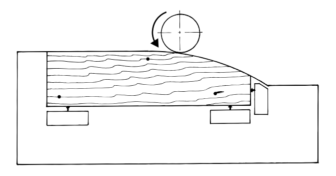


Figure 95.1 Exemple d'appui linéaire et ponctuel

Pour réaliser l'appui linéaire (et ponctuel), le plus simple est de fixer une cale sur le montage par deux vis qui serviront d'appui, ce qui lui donne l'avantage d'être réglable. Ces points de contact doivent être espacés et situés en face de la zone de coupe.

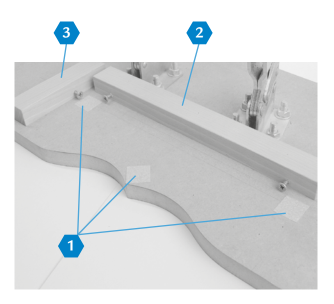


Figure 95.2 Exemple des 6 appuis

Le maintien en position de la pièce

Les organes de serrage doivent être rapides à manipuler et puissants, mais aussi ne pas se desserrer avec les vibrations de la machine (ce qui exclut les serre-joints traditionnels). Il existe différents dispositifs et appareillages pour exercer le serrage : le serrage par bride, par coin, par came excentrique, par vis, par vérin pneumatique ou encore par dépression. Mais le serrage par sauterelle est le plus employé.

Les sauterelles sont des éléments de bridage qui exercent leur force de serrage sur la pièce si on déplace manuellement un levier. Elles sont aussi appelées « genouillères ». Les modèles peuvent être poussés (levier vertical), tirés (levier horizontal), ou à tige coulissante.



Figure 95.3 Pièce maintenue par deux sauterelles sur un montage d'usinage

Elles ont des avantages :

- facilité de réglage de la position et de la force de serrage ;
- rapidité de manipulation et sans effort.

La manœuvre du montage s'effectue à l'aide de **deux poignées fixées dessus**, ce qui maintient les mains de l'opérateur éloignées de la zone de coupe.

Calibrage à la toupie

Le montage est employé à la toupie le plus souvent pour des opérations de calibrage (forme droite ou chantournée) mais aussi pour des profilages (rainures, feuillures...). Les possibilités sont sans limite si l'on choisit le bon outil.

Le calibrage s'exécute à l'aide d'un calibreur couplé à un guidage par roulement à billes.



Figure 95.4 Usinage avec calibreur et montage d'usinage

96. MORTAISEUSE À MÈCHE

La principale fonction de la mortaiseuse est de réaliser des mortaises. Mais elles permettent aussi le perçage et le fraisage, l'exécution de diverses entailles de ferrage et la réalisation de tourillons en bout de pièce.

La table et le guide linéaire

La table sert de référence à l'appui de la pièce à usiner. Un guide linéaire de référence est disposé dessus, perpendiculairement à l'axe de l'outil. Il peut être sur la partie avant, côté porte-outil ou à l'opposé.

Pour le blocage des pièces sur la table, la mortaiseuse possède un système de serrage vertical, soit avec un presseur à vis ou à excentrique, soit avec un vérin pneumatique.



Figure 96.1 Mortaiseuse à mèche

Les mouvements d' usinage

Deux mouvements sont nécessaires pour réaliser les mortaises : **dans le sens de la longueur de la mortaise et en profondeur**. La hauteur, c'est-à-dire la dimension de la joue de mortaise, est préréglée et immobilisée avant le début de l'usinage. Des butées peuvent être utilisées pour limiter l'amplitude des deux mouvements. Selon le type de mortaiseuse, trois types de mouvements existent.

Mouvements de la table

La table est réglable en hauteur, on la déplace sur des glissières à l'aide d'un volant. Le réglage se fait dans le sens de la montée. Une poignée de serrage verrouille la position. Le porte-outil reste totalement statique. Le mouvement de chariotage est assuré par un mouvement combiné de la table, en longueur et en profondeur, commandé manuellement par un ou deux leviers.

Ce type de mortaiseuse est très répandu sur les machines multi-opérations, appelées **combinés**.

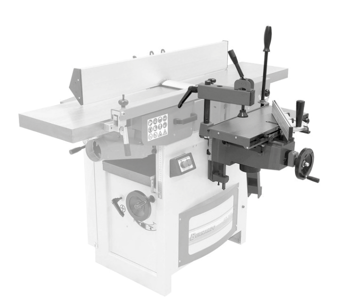


Figure 96.2 Support pour combiné avec table mobile

Mouvements du porte-outil

Totalement à l'inverse du précédent mouvement, le porte-outil se règle en hauteur et la table reste totalement statique.

Le mouvement de chariotage est assuré par un mouvement combiné du porte-outil (avec le bloc-moteur), en longueur et en profondeur.

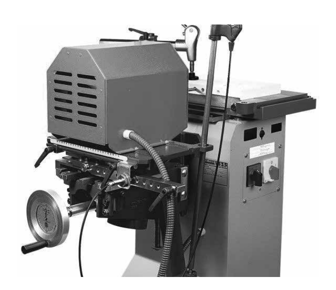


Figure 96.3 Mortaiseuse avec porte-outil mobile et table fixe

Mouvements combinés de la table et du porte-outil

C'est un mélange des deux précédents : la table se règle en hauteur. Le mouvement de chariotage est assuré en longueur par la table et en profondeur par le porte-outil.

Les butées réglables

Pour obtenir un travail en série tout en assurant un résultat précis et constant, l'utilisation des butées réglables est alors indispensable :

- Deux butées longitudinales limitent les mouvements de translation, définissant la longueur de la mortaise.
- Une butée limite la profondeur d'usinage.
- Une butée doit être ajoutée au niveau de la pièce, afin de positionner le bout de référence (SR3) des pièces strictement à la même position sur la table.

Les outils de mortaiseuse à mèche

Les mèches de mortaiseuse sont des outils cylindriques dont les diamètres courants sont en chiffre pair : 6, 8, 10, 12, 14 et 16 mm. Ces diamètres définiront la largeur des mortaises. Les Suivant les mortaiseuses, les mèches tournent vers la gauche ou vers la droite. Elles sont très souvent en acier rapide (HSS).

Deux types de mèches existent :

- **la mèche à couteaux droits** : les arêtes tranchantes sont parallèles à l'axe de la mèche. Certaines mèches possèdent des brise-copeaux qui favorisent l'évacuation des copeaux vers l'extérieur ;
- **la mèche hélicoïdale** : les arêtes tranchantes tournent en spirale autour de la mèche. La coupe est progressive et de meilleure qualité. La descente dans le bois est nettement plus facile avec un meilleur dégagement des copeaux.



Figure 96.4 Mèche droite et hélicoïdale

97. USINAGE À LA MORTAISEUSE À MÈCHE

Pour réaliser une mortaise on peut suivre la procédure suivante.

Étape 1 : identifier les données nécessaires à l'opération

- Les trois dimensions de la mortaise et sa position sur la pièce à usiner.
- Les surfaces de référentiels pièces (SR1 et SR2) avec les appuis de la machine (table, guide, butée).

Étape 2 : monter la mèche sur la machine

- Prendre un diamètre correspondant à la dimension de la mortaise.
- Vérifier le sens de rotation de la mèche et celui de la machine.
- Serrer fermement l'outil sur le mandrin de la machine.

Étape 3 : mise en position et maintien de la pièce

- Positionner le parement de la pièce (SR1) sur la table.
- Mettre en appui le chant (SR2) sur la butée linéaire fixée sur la table (côté porte-outil ou à l'opposé, derrière la pièce).
- En cas d'utilisation des butées réglables pour la longueur de la mortaise, mettre en appui l'extrémité de la pièce (SR3) sur une butée ponctuelle.
- Régler et serrer la pièce avec le vérin vertical.

Utiliser une cale de serrage adaptée à la mortaise ou à la pièce. La cale à pont évite de comprimer le bois sur la zone d'usinage.



Figure 97.1 Cale de serrage sur mortaiseuse

Étape 4 : régler la hauteur de la mortaise

Cette dimension correspond à la joue de la mortaise par rapport au parement de la pièce (SR1). C'est la distance entre la table et l'un des « bords » de la mortaise.

- Monter ou descendre la table (ou le bloc-moteur suivant les modèles). Le réglage se fait dans le sens de la montée. Aligner la mèche avec le tracé

de la mortaise, soit avec un outil de mesure (le réglet en appui sur la table, comparateur, règle de toupilleur...).

- Serrer la table (ou le bloc-moteur) dans sa position avec une poignée.

Étape 5 : régler la profondeur de la mortaise

- Amener la mèche contre la pièce.
- Régler la position de la butée mobile suivant la profondeur de la mortaise.
- Bloquer la butée mobile.

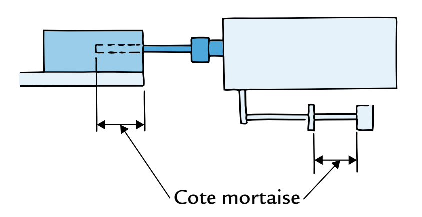


Figure 97.2 Réglage de la butée de profondeur

Étape 6 : régler la longueur de la mortaise

Dans le cas d'un usinage réalisé en suivant visuellement le tracé sur la pièce, cette étape n'est pas nécessaire. Mais pour un travail en série, il faut mettre une butée ponctuelle en bout de la pièce et régler deux butées, limitant le mouvement latéral dans les deux sens de la table (ou du bloc-moteur).

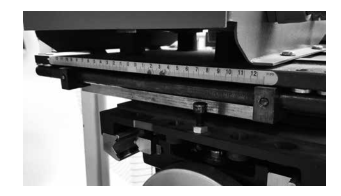


Figure 97.3 Butées longitudinales

Étape 7 : usinage phase 1, les perçages

- Percer les deux extrémités de la mortaise, soit en suivant son tracé sur la pièce, soit en se mettant en appui sur les butées latérales.
- Puis percer un maximum de trous sur la longueur de la mortaise.



Figure 97.4 Phase 1, les perçages

Étape 8 : usinage phase 2, le chariotage

- Positionner la mèche à l'une des extrémités.
- Faire pénétrer la mèche dans le bois sur quelques millimètres de profondeur.
- Déplacer la mèche (chariotage) sur la longueur de la mortaise.
- Répéter les opérations plusieurs fois jusqu'à atteindre la profondeur désirée (en appui sur la butée de profondeur).

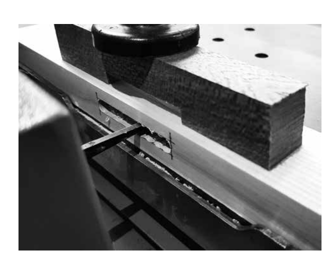


Figure 97.5 Phase 2, le chariotage

Étape 9 : équarrir la mortaise

Les mortaises réalisées ont l'inconvénient d'être arrondies aux deux extrémités, tandis que les tenons sont parfaitement rectilignes en tous sens. Pour pouvoir faire coïncider les deux parties, il faut soit arrondir les deux bords du tenon, soit **équarrir (rendre carré) les bouts de la mortaise** avec un bédane.

98. USINAGE AVEC UNE LAMELLEUSE

La lamelleuse est une machine-outil portative très utilisée dans tous les métiers du bois.

L'outil circulaire creuse une rainure dans laquelle on glisse (avec de la colle) une languette rapportée. Ce système est appelé « lamello » en référence à la marque qui l'a invent.

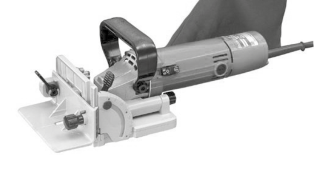


Figure 98.1 Lamelleuse

Processus d' usinage

Usinage de deux panneaux assemblés en L

Tracer l'axe de la lamelle à cheval sur les deux panneaux.

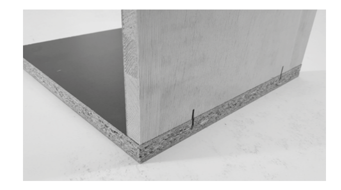


Figure 98.2 Traçage des axes

Pour usiner la première pièce

1. Positionner le premier panneau dans une presse verticale.
2. Basculer l'appui perpendiculaire de la lamelleuse.
3. Vérifier le numéro de la lamelle sur la butée de profondeur, 20 étant la plus grande valeur et 0 la plus petite.
4. Positionner le repère de la lamelleuse sur le tracé qui est sur le chant du panneau.
5. Mettre en fonctionnement la lamelleuse et, sans bouger le support, faire coulisser la fraiseuse vers le bois.



Figure 98.3 Usinage en appui sur le chant

Pour usiner la deuxième pièce

1. Positionner le panneau à plat sur l'établi, en le faisant légèrement dépasser.
2. Pour la sécurité, bloquer la pièce sur l'établi avec un serre-joint.

3. Positionner le repère de la lamelleuse sur le tracé.
4. Usiner les lamelles.

Usinage de deux panneaux assemblés en T

Tracer la position du premier panneau sur le deuxième et repérer les axes des lamelles uniquement sur le premier.

Bloquer les deux pièces en position avec un serre-joint sur l'établi. Surtout, ne pas les bouger avant la fin des deux usinages.

Pour usiner la première pièce

1. Positionner la lamelleuse en appui sur le chant de l'autre panneau.
2. Aligner le repère de la semelle (sous la lamelleuse) avec le tracé de l'axe sur le panneau.
3. Usiner les lamelles.

Pour usiner la deuxième pièce

1. Positionner la lamelleuse à plat sur le panneau et s'appuyer sur le chant à usiner.
2. Aligner le repère avec le tracé.
3. Usiner les lamelles.



Figure 98.4 Usinage en appui sur le plat

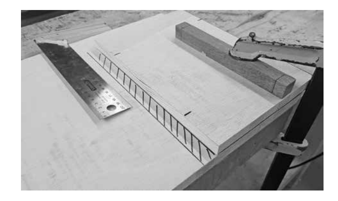


Figure 98.5 Traçage et serrage du panneau

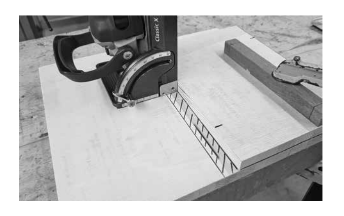


Figure 98.6 Usinage sur le plat

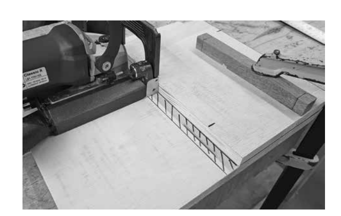


Figure 98.7 Usinage sur le chant

99. OUTILS DE COUPE

Chaque machine dispose d'un outil possédant des arêtes tranchantes pour couper le bois. Certains outils sont très similaires, d'autres bien spécifiques à une machine ou à un usinage.

Les angles des outils de coupe

Les angles, par nombre de trois, se retrouvent dans toutes les arêtes tranchantes. Ils varient sensiblement d'un type d'outil à l'autre, et suivant le matériau à usiner.

La somme des trois angles forme toujours un angle à 90 degrés.

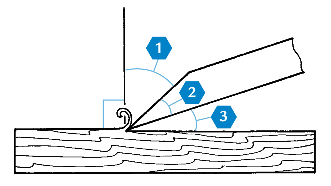


Figure 99.1 Angles de coupe

1 L'angle d'attaque, ou angle de coupe

C'est l'angle situé entre la perpendiculaire du bois et le début du tranchant. Il conditionne la pénétration de la dent dans le bois. Il varie énormément, il est même négatif pour couper l'aluminium. Cet angle est très grand pour la coupe en bois de bout.

2 L'angle de bec, angle du tranchant, ou encore angle d'affûtage

Plus cet angle est réduit, plus l'outil coupera facilement le bois, mais plus il se désaffûtera vite.

3 L'angle de dépouille, ou angle de détalonnage

C'est l'angle entre la fin du tranchant et la surface du bois. Sa présence évite le frottement de l'outil sur le bois et donc son échauffement. Dans certains outils, des angles de dépouille latéraux existent sur les côtés de la dent.

Les matériaux des arêtes tranchantes

Les types de matériaux utilisés pour les arêtes tranchantes des outils changent suivant la machine et le type de matière à usiner. Même si le corps de l'outil est en acier standard, la denture est souvent dans un autre acier ou un alliage.

Les aciers

- Acier spécial SP : acier allié avec moins de 5 % (autre que l'acier).
- Acier supérieur HL : acier allié à plus de 5 % de la masse.

- Acier rapide HS : acier fortement allié à plus de 12 % de la masse. Les outils sont appelés HSS (*High Speed Steel*) ou outil en acier rapide.

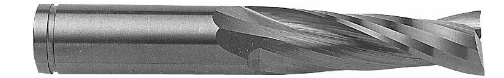


Figure 99.2 Fraise en HSS

Le carbure métallique

Le carbure de tungstène HM ou HW a une très grande résistance à l'usure. Il est utilisé pour l'usinage des bois durs ou abrasifs, mais est surtout indispensable pour les panneaux dérivés, car la colle qu'il possède est très abrasive.



Figure 99.3 Fraise à plaquette rapportée HM

Ce matériau est utilisé sous la forme de plaquette rapportée (réaffûtable avec un outillage au diamant) et en plaquette à fixation mécanique (jetable et interchangeable). Le carbure de tungstène est utilisé pour :

- les dentures brasées des lames de scie circulaire et des scies à ruban de scierie ;
- les plaquettes rapportées de toupie et de défonceuse, les fers jetables de dégauchisseuse et de raboteuse ;
- les pointes de foret pour matériaux durs (béton, brique, pierre...).

Polycristallin de diamant

Le polycristallin de diamant DIA est constitué d'une multitude de petits cristaux d'origine synthétique, fabriqués à base de carbone. Il est utilisé pour les usinages intensifs dans l'industrie du bois.



Figure 99.4 Fraise à plaquette brasée au diamant

Il est utilisé uniquement pour les plaquettes rapportées (non réaffûtables). Il est 100 à 200 fois plus résistant à l'usure que les outils au carbure. L'inconvénient majeur est son coût extrêmement élevé.

100. PARAMÈTRES D'USINAGE

Les paramètres d'usinage sont tous les facteurs entrant dans l'usinage d'une pièce liés à l'outil, à la machine et au matériau. Ces paramètres déterminent le réglage des machines, permettent la réalisation de pièces de qualité et assurent la sécurité de l'opérateur.

La vitesse de coupe (Vc)

C'est la distance parcourue par une arête tranchante en une seconde. Exprimée en mètres par seconde.

Ce paramètre de coupe permet de déterminer à quelle vitesse l'arête tranchante découpe le copeau. Cette vitesse est en relation étroite avec la fréquence de rotation (n) de l'outil. La vitesse de coupe dépend du matériau à usiner et de la nature de la denture de l'outil.

Tableau 100.1 – Vitesses de coupe suivant le bois et la nature de la denture

	Lame de scie circulaire (HW)	Outil de toupie	
		Denture HSS	Denture HW
Bois durs	De 70 et 90 m/s	De 40 et 60 m/s	De 50 et 80 m/s
Bois tendres	De 70 et 100 m/s	De 50 et 80 m/s	De 60 et 80 m/s
Panneaux	De 60 et 80 m/s	Outil non adapté	De 40 et 80 m/s

- **Une survitesse entraîne** un risque d'éclatement de la pièce, et également un échauffement et une usure prématurée de l'arête tranchante.
- **Une sous-vitesse entraîne** une mauvaise coupe du bois et un risque de rejet des pièces.



LA FORMULE

La vitesse de coupe *Vc* en m/s $= \dfrac{\pi \times de \times n}{60}$

de : diamètre extérieur de l'outil **en mètre** ;

n : fréquence de rotation (en tr/min.).

La vitesse de coupe n'est pas directement réglable sur les machines. C'est en changeant d'autres paramètres, comme la fréquence de rotation de l'arbre porte-outil, que l'on peut la modifier.

La fréquence de rotation (n)

C'est le **nombre de tours qu'effectue l'arbre porte-outil en une minute**.
Exprimée en tour par minute.

La fréquence de rotation doit être adaptée en fonction du bois à usiner, de la nature de l'arête tranchante et du diamètre de l'outil. Elle permet d'obtenir la vitesse de coupe (Vc) recherchée.

 **LA FORMULE**

La fréquence de rotation n en tr/min $= \dfrac{60 \times v_C}{\pi \times de}$

de : diamètre extérieur de l'outil **en mètre** ;

Vc : vitesse de coupe (en m/s).

La fréquence de rotation est réglable sur certaines machines ; les toupies, les scies circulaires, les perceuses, les défonceuses (portatives et numériques). Le changement de fréquence s'opère soit par déplacement de la courroie de transmission sur les poulies étagées du moteur et de l'arbre porte-outil, soit électroniquement avec un variateur.Les paramètres de coupe à l'aide d'un normographe ou d'un abaque

Le normographe des paramètres de coupe

Ce normographe, de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS), permet d'affecter à la toupie une fréquence de rotation en fonction :

- du diamètre de la fraise ;
- de la nature de l'outil de coupe ;
- du matériau usiné.

Principe d'utilisation

On fait tourner le disque afin d'afficher dans la fenêtre supérieure le diamètre extérieur de l'outil.

Dans la fenêtre inférieure on obtient, selon la nature du bois, les fréquences de rotation minimale et maximale entre lesquelles on peut travailler en toute sécurité.

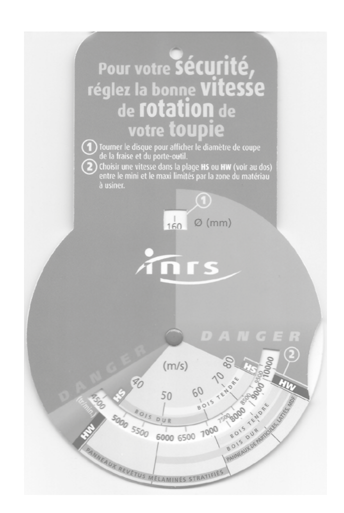


Figure 100.1 Normographe INRS

Abaque des paramètres de coupe

Cet abaque nous permet de déterminer la fréquence de rotation ou la vitesse de coupe, en fonction du diamètre de l'outil et d'un des paramètres connus.

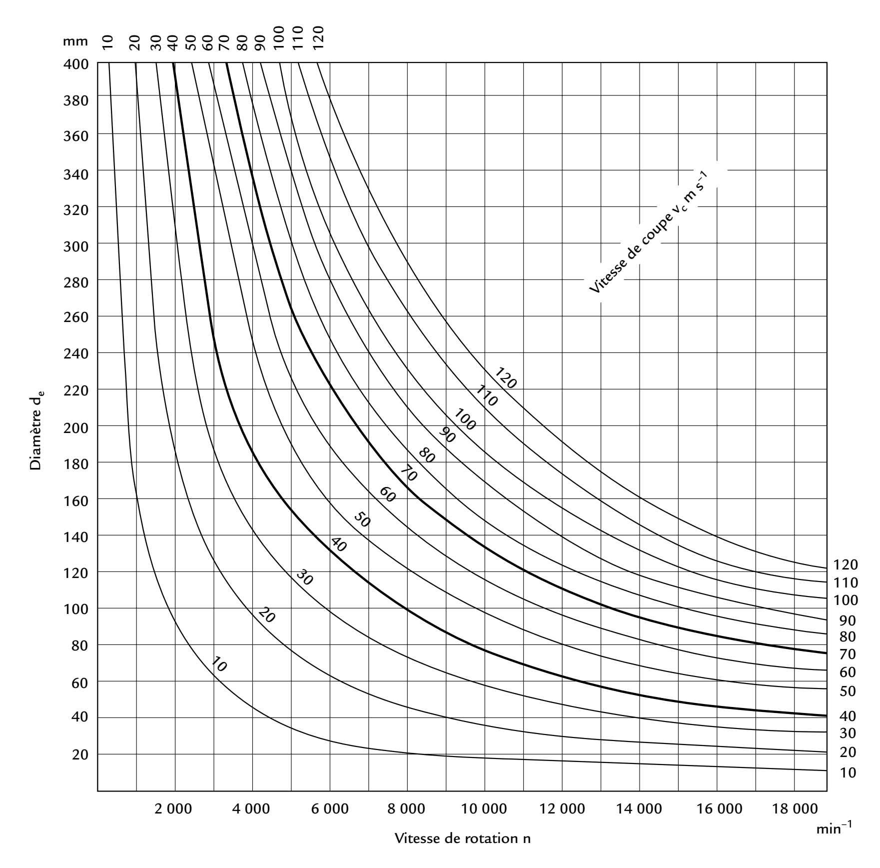


Figure 100.2 Abaque des paramètres de coupe

101. PARAMÈTRES INFLUENTS SUR L'ÉTAT DE SURFACE

Les pas d'usinage (f et fz)

C'est l'**aspect curviligne de la surface créée par un outil circulaire ou cylindrique, mesurable en millimètres**.

Une surface usinée possède des **ondes d'usinage** plus ou moins proches et visibles. Contrôler la dimension de ces ondes est primordial pour avoir un bon état surface du bois. On distingue deux pas d'usinage :

- **le pas principal d'usinage f :** c'est l'avance (distance) de l'usinage sur la pièce, pour un tour (rotation) complet de l'outil ;
- **le pas secondaire d'usinage fz,** appelé également avance par dent : c'est l'avance de l'usinage sur la pièce, pour une arête tranchante.

En fonction de la dimension du pas secondaire, on peut déterminer le niveau de qualité de l'état de surface :

  - ébauche : entre 1,2 mm et 2,5 mm ;
  - moyen : entre 0,8 mm et 1,2 mm ;
  - finition : entre 0,3 mm et 0,8 mm.

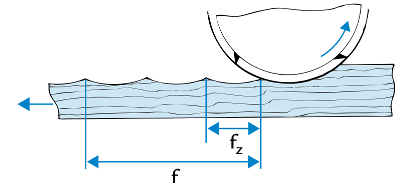


Figure 101.1 Pas d'usinage

- **Plus la longueur de l'onde est petite**, plus l'état de surface de la pièce est proche de la finition. Attention, si les ondes sont trop petites (moins de 0,2 mm) les arêtes tranchantes restent sur la même zone et créent un échauffement avec des brûlures sur la surface du bois.
- **Plus la longueur de l'onde est grande**, plus l'état de surface de la pièce est proche de l'ébauche avec des risques d'éclats en surface (dimension supérieure à 2,5 mm). L'onde est alors de plus en plus perceptible à l'œil et au toucher. De ce fait, l'étape de la finition devra être nettement prolongée pour éliminer ces ondes.

FORMULE

Le pas secondaire : fz (mm) $= \dfrac{1000 \times V_F}{n \times z}$

n : fréquence de rotation (en tr/min),

Vf : vitesse d'avance (en m/min),

z : nombre d'arêtes tranchantes de l'outil.

La dimension du pas d'usinage est modifiable, deux paramètres peuvent être ajustés suivant les machines :

- la fréquence de rotation de l'outil ;
- la vitesse d'avance de la pièce ou de l'outil.

La vitesse d'avance (Vf)

C'est la **distance parcourue en mètre par la pièce sur la machine** (ou la machine sur la pièce) **en une minute**.

- **Lorsque la pièce est en mouvement** sur la machine, elle peut être entraînée vers l'outil :
  - **mécaniquement** au moyen d'entraîneurs intégrés directement aux machines (exemples : raboteuse, corroyeuse, entraîneurs de toupie) ;
  - **manuellement**, par l'opérateur qui déplace la pièce en estimant sa vitesse d'avance et en contrôlant visuellement l'état de surface.
- **Lorsque la machine est en mouvement**, alors la pièce reste fixe sur la table et c'est l'outil qui se déplace vers la pièce (exemples : mortaiseuse, machines portatives, centre d'usinage numérique). L'outil peut être également déplacé mécaniquement ou manuellement.



La vitesse d'avance Vf en m/min $= \dfrac{f_z \times n \times z}{1000}$

Avec n : fréquence de rotation (en tr/min),

fz : pas secondaire d'usinage (en mm),

z : nombre d'arêtes tranchantes de l'outil.

Abaque du pas d' usinage et de la vitesse d'avance

À l'aide de cet abaque et suivant le nombre de coupes par minute (n × z), on peut rechercher la vitesse d'avance (Vf) et le pas secondaire d'usinage (fz).

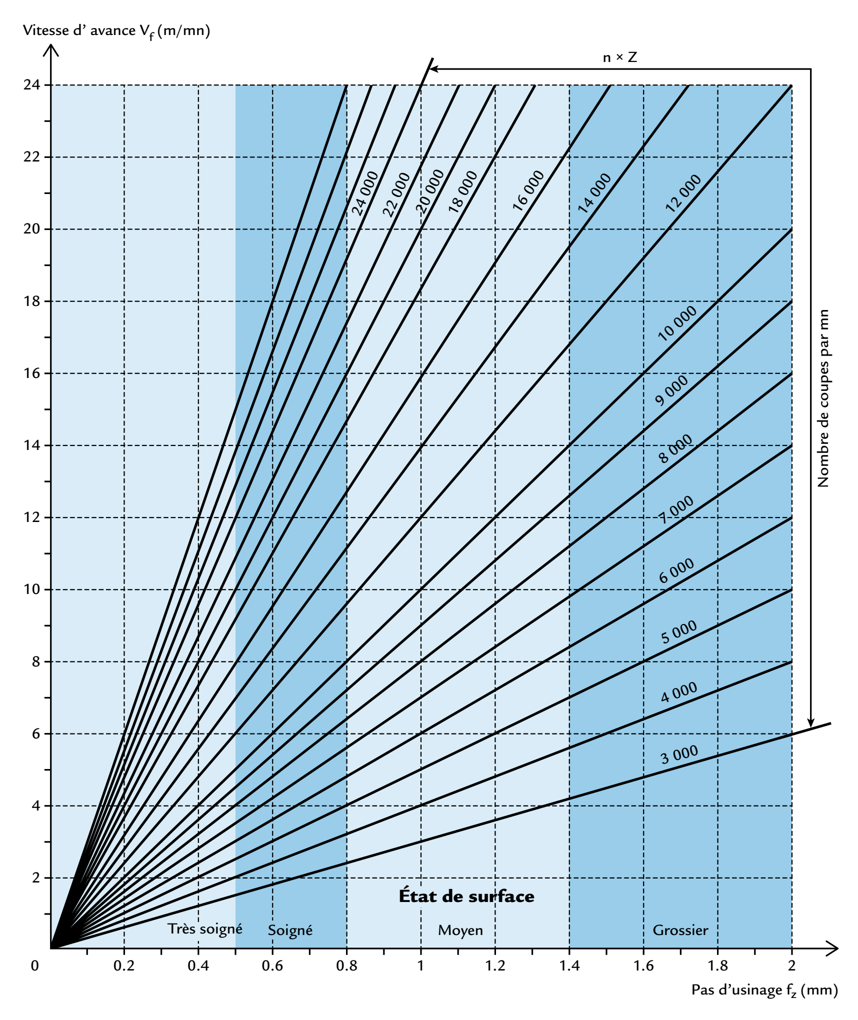


Figure 101.2 Abaque des pas d'usinage et vitesse d'avance

102. MAINTENANCE DES MACHINES-OUTILS

La maintenance a la responsabilité de conserver les installations, les outils de production, dans l'état optimal leur permettant de remplir leur mission.

Pour une maintenance efficace, il est indispensable d'organiser un système d'information des dysfonctionnements de l'outil de production vers le service de la maintenance.

Les types de maintenance

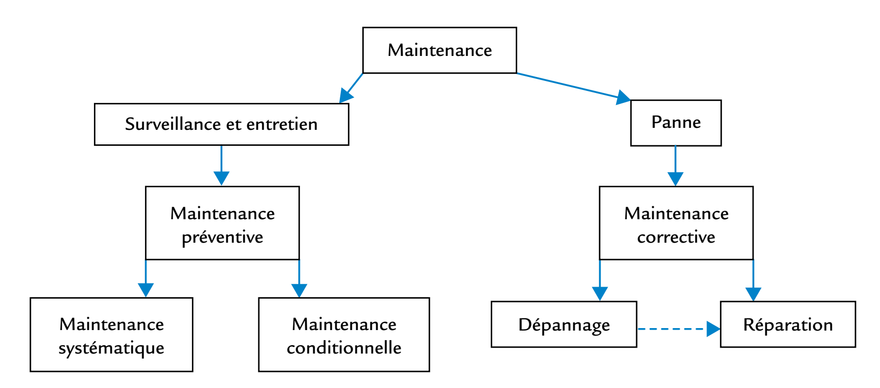


Figure 102.1 Schéma de maintenance

La maintenance corrective

C'est l'attitude passive d'attente de la panne ou de l'incident ; quand ces derniers surviennent, on élimine le défaut. Attention, l'outil de production est mis à l'arrêt le temps nécessaire à la maintenance. Elle peut prendre la forme d'un dépannage ou d'une réparation.

- **Le dépannage** consiste donc à remettre en service le plus rapidement possible un équipement en panne ou défaillant. Suivant l'importance de la panne, le dépannage peut être immédiat et définitif ou provisoire en attendant la réparation.
- **La réparation** permet de remettre en état de façon durable un équipement et restituer ses qualités initiales, surtout du point de vue de la sécurité et de la fiabilité.

La maintenance préventive

C'est la volonté de maîtriser la dégradation des équipements afin d'éviter d'être pris au dépourvu par la panne. Ce type de maintenance permet de planifier l'intervention hors des créneaux horaires de la production. Il existe alors deux solutions :

- la **maintenance conditionnelle** : c'est un changement d'élément ou une réparation en fonction de son état de dégradation. Elle se traduit par une surveillance du degré d'usure des points sensibles de l'équipement. La décision de réaliser des travaux de remise en état est prise lorsque les paramètres contrôles mettent en évidence l'imminence d'une défaillance ;
- la **maintenance systématique** : c'est un changement d'élément ou une réparation, suivant un temps d'utilisation ou un délai prédéfini. Elle se traduit par l'exécution d'une intervention à une date planifiée (ou une durée d'utilisation), quel que soit le degré d'usure constaté. Elle se pratique quand on souhaite procurer à un équipement une sécurité de fonctionnement quasi absolue. C'est un procédé très coûteux, appliqué aux équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves, ou présentant un coût de défaillance élevé pour la production ou encore pour l'équipement lui-même.

Les intervenants

Suivant la situation et le type de maintenance, on choisira plutôt de faire intervenir :

- le constructeur et son service après-vente ;
- une entreprise spécialisée extérieure ;
- le service de maintenance interne à l'entreprise ;
- des opérateurs utilisant l'outil de production préalablement formés à la maintenance.

L'entretien de conduite

L'entretien de conduite est une méthode d'entretien à caractère préventif, conditionnel ou systématique (graissage, outil de coupe, fusible…). Cette surveillance prend principalement la forme de rondes effectuées par le service de maintenance ou par l'opérateur de la machine.

INDEX